



TESIS - RE142541

**PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK (FES)  
UNTUK ESTIMASI TAPAK KARBON DAN  
PEMETAANNYA DARI SEKTOR INDUSTRI DAN  
TRANSPORTASI DI KOTA MALANG**

**GIANINA QURRATA DINORA**  
**3313201019**

**DOSEN PEMBIMBING**  
**Prof. Ir. Joni Hermana, MScES, PhD.**  
**CO PEMBIMBING**  
**Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.**

**PROGRAM MAGISTER**  
**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2015**



---

THESIS - RE142541

**DETERMINATION OF SPESIFIC EMISSION  
FACTORS FOR ESTIMATING CARBON  
FOOTPRINT AND MAPPING OF INDUSTRIAL AND  
TRANSPORTATION SECTORS IN MALANG CITY**

**GIANINA QURRATA DINORA**  
**3313201019**

**SUPERVISOR**

**Prof. Ir. Joni Hermana, MScES, PhD.**

**CO SUPERVISOR**

**Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.**

**MAGISTER PROGRAM**

**DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2015**

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (MT)**

**di**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**oleh :**

**Qorry Nugrahayu**

**Nrp. 3313 201 021**

**Tanggal Ujian : 5 Januari 2015**

**Periode Wisuda : Maret 2015**


**Disetujui Oleh :**

  
**1. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT**  
**NIP : 196601161997031001**

**(Pembimbing I)**

  
**2. Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES., PhD**  
**NIP : 196006181988031002**

**(Pembimbing II)**

  
**3. Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., PhD**  
**NIP : 196208161990031004**

**(Penguji)**

  
**4. Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD**  
**NIP : 197108181997032001**

**(Penguji)**

  
**5. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST. MEPM**  
**NIP : 198201192005011001**

**(Penguji)**

**Direktur Program Pascasarjana,**

  
**Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT**  
**NIP. 196404051990021001**



# **PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK UNTUK ESTIMASI TAPAK KARBON DAN PEMETAANNYA DARI SEKTOR INDUSTRI DAN TRANSPORTASI DI KOTA MALANG**

Nama Mahasiswa : Gianina Qurrata Dinora  
NRP : 3313201019  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD.  
Co-Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

## **ABSTRAK**

Hasil dari aktivitas industri, jasa, dan transportasi meningkatkan buangan sisa ke udara yang menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca. Komponen utama gas rumah kaca ini adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Karbon dioksida dihasilkan dari hasil kegiatan pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak, batubara, dan gas alam, untuk produksi listrik dan pemanfaatan dalam industri, bahan bakar transportasi. Kota Malang merupakan salah satu kota tujuan wisata di Jawa Timur, hal ini sesuai dengan fungsi pengembangan wilayahnya yaitu pendidikan/pariwisata. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Malang tahun 2012. Kota Malang memiliki penduduk sebanyak 820.243 jiwa dengan kepadatan 7,453/km<sup>2</sup> di 5 kecamatannya. Dengan beragam aktivitas penduduk Kota Malang tentunya akan berpengaruh terhadap emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Akan tetapi belum dilakukan perhitungan estimasi tapak karbon di kawasan ini khususnya emisi yang dihasilkan dari sektor industri dan transportasi.

Dalam penelitian ini dilakukan penentuan faktor emisi spesifik (FES) untuk estimasi tapak karbon di Kota Malang dengan menggunakan metode IPCC “*Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories*” 2006. Untuk mendapatkan FES industri dilakukan perhitungan dengan membagi estimasi tapak karbon dari masing-masing sektor industri dengan kapasitas produksi masing-masing sektor industri. FES transportasi didapatkan dengan cara membagi estimasi tapak karbon dari gasolin dan solar dengan satuan mobil penumpang (SMP) yang menggunakan bahan bakar gasolin dan solar.

Hasil dari penelitian ini didapatkan estimasi tapak karbon dari sektor industri sebesar 55.829,05 ton CO<sub>2</sub>/tahun dan sektor transportasi sebesar 463.666,68 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Dari hasil pemetaan, penyebaran estimasi emisi karbon tertinggi dari sektor industri terdapat di Kecamatan Klojen dan sektor transportasi di Kecamatan Kedungkandang dan Lowokwaru.

**Kata Kunci** : estimasi tapak karbon, FES, IPCC, Kota Malang.

# **DETERMINATION OF SPESIFIC EMISSION FACTORS FOR ESTIMATING CARBON FOOTPRINT AND MAPPING OF INDUSTRIAL AND TRANSPORTATION SECTORS IN MALANG CITY**

By : Gianina Qurrata Dinora  
Student Identity Number : 3313202019  
Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD.  
Co-Supervisor : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

## **ABSTRACT**

*The result of industry, services, and transportation activities increase air pollution that causes increase in greenhouse gas emissions. The main component of greenhouse gases are carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). Carbon dioxide is produced from the results of burning fossil fuels such as oil, coal, and natural gas activities, for electricity production and utilization in industry, fuel transportation. Malang City is one of tourism destination in East Java, according to region development function which is education/ tourism. Based on data of Badan Pusat Statistik Malang City 2012. Malang City has 820.243 population with density of 7.453/km<sup>2</sup> in 5 subdistricts. Variety of activities in Malang City will certainly affect the CO<sub>2</sub> emissions produced. But, calculation of carbon footprint estimation in this region have not done especially emissions resulting from industrial and transport sectors.*

*In this research, determination of specific emission factors (FES) to estimate carbon footprint in Malang using IPCC "Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories", 2006. To get industrial FES calculation by dividing carbon footprint estimation of each industrial sector with production capacity of each industrial sector. FES transport is obtained by dividing carbon footprint estimation of gasoline and diesel with passenger car unit which use gasoline and diesel fuel.*

*The results of this study, carbon footprint estimation of industrial sector is 55.829,05 ton CO<sub>2</sub>/year and transportation sector is 463.666,68 ton CO<sub>2</sub>/year. From mapping result, the highest carbon emissions estimation spread from industrial sector in Subdistrict Klojen and transport sector in Subdistrict Kedungkandang and Lowokwaru.*

*Key word : carbon footprint estimation, FES, IPCC, Malang City.*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah SWT atas segala berkah dan rahmat-Nya sehingga laporan tesis dengan judul **“Penentuan Faktor Emisi Spesifik Untuk Estimasi Tapak Karbon Dan Pemetaannya Dari Sektor Industri Dan Transportasi Di Kota Malang”** dapat terselesaikan dengan baik. Dalam penyusunan laporan tesis ini tidak lepas dari bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan, ilmu, nasehat, motivasi, serta bimbingannya.
2. Bapak Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT atas bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan laporan tesis ini.
3. Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD, Bapak Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil., PhD, dan Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada laporan tesis ini.
4. Keluarga tercinta khususnya orang tua yang selalu memberikan semangat baik moril maupun materil, nasehat, dan doa.
5. Teman-teman satu dosen pembimbing yang selalu memberikan dorongan dan motivasi.
6. Teman- teman seangkatan, 2013, terima kasih atas bantuan dan semangatnya.

Penyusunan laporan tesis ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kekurangan atau kesalahan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan.

Surabaya, Januari 2015

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
 BAB 1 PENDAHULUAN .....	 1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	 5
2.1 Profil Wilayah Kota Malang .....	5
2.2 Industri .....	8
2.3 Transportasi .....	9
2.4 Emisi Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....	11
2.5 Tapak Karbon.....	11
2.6 Faktor Emisi Karbon .....	12
2.7 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) .....	14
2.8 Satuan Mobil Penumpang .....	15
2.9 Penelitian Terdahulu .....	16
 BAB 3 METODA PENELITIAN .....	 19
3.1 Umum .....	19
3.2 Kerangka Penelitian .....	19

3.3 Tahapan Penelitian .....	19
3.3.1 Ide Penelitian .....	21
3.3.2 Studi Literatur .....	21
3.3.3 Pengumpulan Data .....	21
3.3.4 Pengolahan Data .....	22
3.3.5 Analisa Data dan Pembahasan .....	22
3.3.6 Kesimpulan dan Saran .....	23
 BAB 4 ANALISI DAN PEMBAHASAN .....	25
4.1 Aspek Teknis .....	25
4.1.1 Sektor Industri .....	25
4.1.2 Sektor Transportasi .....	34
4.2 Aspek Lingkungan .....	42
4.2.1 Skenario Sektor Industri .....	42
4.2.2 Skenario Sektor Transportasi .....	46
4.3 Aspek Ekonomi .....	50
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	53
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	54
DAFTAR PUSTAKA .....	55
LAMPIRAN A .....	57
LAMPIRAN B .....	61



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Luas Wilayah Area, Jumlah Penduduk, dan Kepadatan Penduduk/km <sup>2</sup>	
	Tiap Kecamatan .....	5
Tabel 2.2	Jumlah Perusahaan Industri Menurut Sub Sektor Industri 2012.....	6
Tabel 2.3	Banyaknya Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Kendaraan 2011-2012 .....	7
Tabel 2.4	Daftar Lokasi SPBU di Kota Malang.....	7
Tabel 2.5	Faktor Emisi Bahan Bakar untuk Sumber Bergerak dan Tidak Bergerak .....	13
Tabel 2.6	Nilai Kalor Sesuai Jenis Bahan Bakar .....	13
Tabel 2.7	Konversi Jenis Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (smp) .....	15
Tabel 2.8	Estimasi Emisi (dalam Ribuan Ton) dari Tujuh Kota Besar di India pada Tahun 1997-1998 .....	16
Tabel 2.9	Perbandingan Emisi Keseluruhan (per hari) di Beijing dan Shanghai....	17
Tabel 4.1	Jumlah Perusahaan Industri Menurut Sub Sektor Industri.....	25
Tabel 4.2	Jumlah Industri yang Memiliki Data Bahan Bakar .....	26
Tabel 4.3	Nilai NCV dan Faktor Emisi Sesuai Jenis Bahan Bakar Untuk Industri .....	28
Tabel 4.4	Emisi Karbon Tiap Jenis Bahan Bakar Industri Makanan dan Minuman .....	29
Tabel 4.5	Emisi Karbon Total dan FES Tiap Sub Sektor Industri .....	30
Tabel 4.6	Jumlah Industri dan Emisi Karbon Tiap Kecamatan di Kota Malang ....	32
Tabel 4.7	Sub Sektor Industri di Tiap Kecamatan .....	33
Tabel 4.8	Jumlah SPBU dan Rata-Rata Penjualan BBM Kota Malang.....	34
Tabel 4.9	Jenis dan Jumlah Kendaraan di Kota Malang .....	36
Tabel 4.10	Nilai NCV dan Faktor Emisi Sesuai Jenis Bahan Bakar Untuk Transportasi.....	37
Tabel 4.11	Hasil Konversi Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP) .....	38

Tabel 4.12	Jenis dan Jumlah Kendaraan di Setiap Kecamatan di Kota Malang .....	40
Tabel 4.13	Emisi Karbon Sektor Transportasi di Setiap Kecamatan di Kota Malang .....	41
Tabel 4.14	Emisi Karbon Setiap Skenario Sektor Industri .....	43
Tabel 4.15	Nilai Ekonomi Sektor Industri.....	50
Tabel 4.16	Nilai Ekonomi Sektor Transportasi .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi Moda Transportasi .....	10
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian .....	21
Gambar 4.1	Pemetaan Estimasi Emisi Karbon Total dari Sektor Industri .....	33
Gambar 4.2	Pemetaan Estimasi Emisi Karbon Total dari Sektor Transpotasi .....	41
Gambar 4.3	Emisi Karbon Sektor Industri Skenario 1, Skenario 2, dan Skenario 3.....	44
Gambar 4.4	Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Industri Skenario 1.....	45
Gambar 4.5	Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Industri Skenario 2.....	45
Gambar 4.6	Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Industri Skenario 3.....	46
Gambar 4.7	Emisi Karbon Sektor Transportasi Skenario 1, Skenario 2.....	48
Gambar 4.8	Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Transportasi Skenario 1 .....	49
Gambar 4.9	Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Transportasi Skenario 2.....	50

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kualitas udara perkotaan menunjukkan kecenderungan menurun dalam dua dekade terakhir (Rahmawati, 2009 dalam Kusuma, 2010). Hal ini dikarenakan laju pertumbuhan ekonomi yang tinggi berpengaruh terhadap industrialisasi wilayah perkotaan yang ditandai dengan pembangunan fisik kota dan berdirinya pusat-pusat industri disertai dengan melonjaknya produksi kendaraan bermotor. Hal ini mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas dan hasil buangan produksi yang merupakan salah satu sumber pencemaran udara yang berpotensi menimbulkan masalah lingkungan yang serius terutama di Negara berkembang (Mayer, 1999), begitu pula dengan dampak kesehatan.

Salah satu permasalahan kualitas udara yang menjadi perhatian di Indonesia yaitu emisi gas rumah kaca, yang dapat meningkatkan pemanasan global. Komponen utama gas rumah kaca adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Karbon dioksida dihasilkan dari hasil kegiatan pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak, batubara, dan gas alam, untuk produksi listrik dan pemanfaatan dalam industri, bahan bakar transportasi.

Pemerintah Indonesia memiliki perhatian besar terhadap penurunan emisi gas rumah kaca yang ditunjukkan dengan komitmen yaitu target penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 26% dengan usaha sendiri dan mencapai 41% jika mendapat bantuan internasional pada tahun 2020. Hal ini berdasarkan Peraturan Presiden No. 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Selain itu, berdasarkan Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, diatur bahwa setiap pemerintahan daerah kabupaten/kota berkewajiban melakukan inventarisasi GRK.

Target ini tentu perlu didukung oleh seluruh sektor termasuk sektor industri dan transportasi. Rencana pengurangan emisi di Indonesia pada sektor

industri sebesar 0,001 Giga ton CO<sub>2</sub>e dan pada sektor transportasi sebesar 0,038 Giga ton CO<sub>2</sub>e (Kementrian ESDM, 2011).

Berdasarkan, rencana strategis pengembangan wilayah Jawa Timur, Kota Malang merupakan wilayah dengan fungsi pengembangan pendidikan/pariwisata. Berdasarkan data BPS Kota Malang tahun 2012, Kota Malang memiliki penduduk sebanyak 820.243 jiwa dengan kepadatan 7,453/km<sup>2</sup> di 5 kecamatannya dengan pertumbuhan populasi sebanyak 0,8 % setiap tahun. Selanjutnya, Kota Malang memiliki 31 perguruan tinggi yang menarik banyak siswa dari daerah dan pulau-pulau di Indonesia. Kota Malang berbatasan dengan Kabupaten Batu dan Kabupaten Malang yang memiliki banyak tempat wisata, yang menjadikan Kota Malang sebagai kota transit.

Dengan beragam aktivitas tersebut di Kota Malang tentunya akan berpengaruh terhadap emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari setiap kegiatannya. Dalam upaya mendukung rencana aksi pemerintah dalam menurunkan gas rumah kaca maka sangat diperlukan perhitungan estimasi tapak karbon terutama dari aktivitas penggunaan bahan bakar di sektor industri dan transportasi yang merupakan salah satu sumber utama emisi gas rumah kaca yaitu CO<sub>2</sub>.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan estimasi tapak karbon di Kota Malang dengan menggunakan metode IPCC "*Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories*" 2006. Penentuan tapak karbon ini bertujuan untuk mendapatkan Faktor Emisi Spesifik (FES) Kota Malang dari sektor industri dan transportasi. Sehingga, nantinya FES Kota Malang dapat dijadikan acuan untuk daerah yang memiliki fungsi pengembangan wilayah yang sama yaitu pendidikan/pariwisata. Aspek yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu aspek teknis, hal ini dikarenakan Kota Malang belum melakukan perhitungan estimasi emisi karbon dan penentuan FES pada sektor industri dan transportasi. Aspek lingkungan dilakukan untuk mengetahui penurunan emisi terbesar dan upaya mitigasi yang dapat dilakukan. Dalam penerapan hasil dari aspek lingkungan, harus didukung aspek ekonomi untuk memudahkan penerapannya selain itu agar mengetahui nilai ekonomi dari pengalihan bahan bakar yang digunakan ke bahan bakar yang emisi karbonnya rendah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam penyusunan penelitian ini, masalah yang akan dikaji dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perhitungan estimasi emisi karbon dan faktor emisi spesifik (FES) dari sektor industri dan transportasi di wilayah studi Kota Malang menggunakan metode perhitungan IPCC “*Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories*” 2006?
2. Bagaimana penyebaran dan pemetaan estimasi emisi karbon dari sektor industri dan transportasi di wilayah studi Kota Malang?
3. Bagaimana analisis aspek teknis, aspek lingkungan, dan aspek ekonomi pada estimasi emisi karbon dari sektor industri dan transportasi di wilayah studi Kota Malang?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini antara lain:

1. Menghitung dan menganalisis estimasi emisi karbon dan faktor emisi spesifik (FES) dari sektor industri dan transportasi di wilayah studi Kota Malang menggunakan metode perhitungan IPCC “*Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories*” Tahun 2006.
2. Memetakan penyebaran hasil estimasi emisi karbon dari sektor industri dan transportasi di wilayah studi Kota Malang dengan menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis).
3. Menganalisis aspek teknis, aspek lingkungan, dan aspek ekonomi pada estimasi emisi karbon dari sektor industri dan transportasi di wilayah studi Kota Malang.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui FES yang dihasilkan dari sektor industri dan transportasi di wilayah studi Kota Malang yang dapat digunakan untuk mewakili wilayah pendidikan/ pariwisata.



2. Memberikan informasi mengenai tingkat penyebaran karbon di wilayah studi Kota Malang.
3. Sebagai masukan dan bahan pertimbangan kepada pemerintah provinsi dan pusat dalam upaya penanggulangan perubahan iklim global.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Diperlukan adanya pembatasan masalah yang ada agar pokok bahasan dalam penelitian ini tidak melebar. Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini dibatasi pada ruang lingkup sebagai berikut:

1. Wilayah studi penelitian dilakukan di Kota Malang yang meliputi sektor industri dan sektor transportasi.
2. Penelitian ini menggunakan IPCC “*Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories*” 2006 sebagai panduan perhitungan jumlah emisi karbon di sektor industri dan sektor transportasi.
3. Pemetaan sumber emisi karbon dilakukan dengan menggunakan program Quantum GIS.
4. Data pada penelitian ini menggunakan data pada tahun 2012.
5. Parameter yang digunakan adalah emisi karbon primer (CO<sub>2</sub>) dari sektor industri dan sektor transportasi.
6. Aspek-aspek yang dianalisis pada penelitian ini yaitu aspek teknis, aspek lingkungan, dan aspek ekonomi.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Profil Wilayah Kota Malang

Sebagaimana diketahui secara umum Kota Malang merupakan salah satu kota tujuan wisata di Jawa Timur karena potensi alam dan iklim yang dimiliki. Letaknya yang berada di tengah-tengah wilayah Kabupaten Malang secara astronomis terletak pada posisi  $112.06^{\circ} - 112.07^{\circ}$  BujurTimur,  $7.06^{\circ} - 8.02^{\circ}$  Lintang Selatan dengan batas wilayah sebagai berikut:

- Batas Utara : Kec. Singosari dan Kec. Karangploso Kab. Malang
- Batas Timur : Kec. Pakis dan Kec. Tumpang Kab. Malang
- Batas Selatan : Kec. Tajinan dan Kec. Pakisaji Kab. Malang
- Batas Barat : Kec. Wagir dan Kec. Dau Kab. Malang

Luas wilayah Kota Malang sebesar  $110,06 \text{ km}^2$  yang terbagi dalam lima kecamatan yaitu Kecamatan Kedungkandang, Sukun, Klojen, Blimbing dan Lowokwaru. Berikut merupakan luas wilayah area, jumlah penduduk, dan kepadatan penduduk/ $\text{km}^2$  setiap kecamatan di Kota Malang.

Tabel 2.1 Luas Wilayah Area, Jumlah Penduduk, dan Kepadatan Penduduk/ $\text{km}^2$   
Tiap Kecamatan

No.	Kecamatan	Luas Wilayah Area ( $\text{km}^2$ )	Jumlah Penduduk	Kepadatan Penduduk/ $\text{km}^2$
1.	Kedungkandang	39,89	174.477	4.374
2.	Sukun	20,97	181.513	8.656
3.	Klojen	8,83	105.907	11.994
4.	Blimbing	17,77	172.333	9.698
5.	Lowokwaru	22,6	186.013	8.231
Jumlah/Total		110,06	820.243	7.453

Sumber : Kota Malang Dalam Angka, 2013

Di Kota Malang terdapat 15 sub sektor industri dengan jumlah 71 perusahaan. Berikut merupakan jumlah industri yang berada di Kota Malang.

Tabel 2.2 Jumlah Perusahaan Industri Menurut Sub Sektor Industri 2012

No.	Sub Sektor Industri	Jumlah Perusahaan
1.	Industri Makanan dan Minuman	199
2.	Industri Pengolahan Tembakau	62
3.	Industri Tekstil	113
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	21
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	18
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	107
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	22
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	33
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	18
10.	Industri Logam Dasar	21
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	41
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	30
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	32
14.	Industri Pengolahan Lainnya	50
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	70
Jumlah		837

Sumber : Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang, 2012.

Data industri yang tersedia merupakan data dari kegiatan Industri besar dan sedang. Industri dikelompokkan berdasarkan banyaknya pekerja. Berikut merupakan kelompok industri berdasarkan banyaknya pekerja :

- Industri besar jumlah pekerja lebih dari 100 orang
- Industri sedang jumlah pekerja 20-99 orang
- Industri kecil jumlah pekerja 5-19 orang
- Industri rumah tangga jumlah pekerja 1-4 orang

Berdasarkan data yang diperoleh diperoleh banyaknya kendaraan di Kota Malang tahun 2012 sebanyak 334.318 kendaraan (Tabel 2.3).

Tabel 2.3 Banyaknya Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Kendaraan Tahun 2012

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Unit)
1.	Mobil Pribadi Gasolin	47.322
2.	Mobil Pribadi Solar	9.464
3.	Angkutan Umum Gasolin	2.570
4.	Angkutan Umum Solar	260
5.	Bus Besar Solar	163
6.	Bus Kecil Solar	260
7.	Truk Besar Solar	3.544
8.	Truk Kecil Gasolin	116
9.	Truk Kecil Solar	9.587
10.	Sepeda Motor	261.032
Jumlah (Unit)		334.318

Sumber : SLHD Kota Malang, 2012

Kota Malang memiliki 26 SPBU yang disuplai dari PT Pertamina Unit Pemasaran V. Berikut merupakan daftar SPBU di Kota Malang

Tabel 2.4 Daftar Lokasi SPBU di Kota Malang

No.	Lokasi SPBU
1.	Jl. Raya Tlogomas 246
2.	Jl. R.P. Soeroso
3.	Jl. Raya Tlogomas 45
4.	Jl. Soekarno-Hatta
5.	Jl. Panglima Sudirman
6.	Jl. S. Supriadi 38 Kec. Sukun
7.	Jl. R. Intan Lingkungan
8.	Jl. Langsep/ Tanjung
9.	Jl. Kol Sugiono-Gadang
10.	Jl. Kawi 27 F
11.	Jl. Trunojoyo 1
12.	Jl. Yulius Usman 27
13.	Jl. Bandung NI. 5-C
14.	Jl. Bendungan Sutami
15.	Jl. Ki Ageng Gribig
16.	Jl. Raya Lowokdoro
17.	Jl. Mayjen Winoyo Rampal

Tabel 2.4 (Lanjutan)

No.	Lokasi SPBU
18.	Jl. Mayjen Sungkono Kedung Kandang
19.	Jl. Puncak Mandala Kec. Sukun
20.	Jl. R. Panji Suroso Kel. Purwodadi
21.	Jl. Raya Dirgantara
22.	Jl. Terusan Sulfat
23.	Jl. Letjen S. Parman 46-52
24.	Jl. Kol Sugiono 176 B Sukun
25.	Lokasi Kel. Bumiayu Kec. Kedung Kandang
26.	Jl. Raya Tutut Arjowinangun

Sumber : PT Pertamina Unit Pemasaran V, 2012

## 2.2 Industri

Semua sektor industri memberikan kontribusi emisi GRK, tetapi kontributor terbesar adalah industri semen, industri baja, industri pulp & kertas, industri tekstil, industri petrokimia, industri keramik, industri pupuk, industri makanan dan minuman (Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri, 2012). Target penurunan emisi dari sektor industri adalah 0,001 Gton CO<sub>2</sub>e (skenario 26 %) dan sebesar 0,005 Gton CO<sub>2</sub>e (skenario 41 %) pada tahun 2020. Hal ini berdasarkan Peraturan Presiden No. 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK).

Sumber emisi GRK di sektor industri berasal dari penggunaan energi, proses produksi, dan limbah.

Energi merupakan sumber daya yang sangat penting dalam proses produksi di industri. Sektor pengguna energi terbesar di Indonesia adalah industri yang menyerap 47,2 % dari total penggunaan energi nasional. Jenis-jenis energi yang digunakan di industri saat ini terdiri dari energi fosil dan energi non fosil serta energi baru terbarukan. Pangsa penggunaan energi di sektor industri pada tahun 2010 adalah sebagai berikut : batubara sebesar 34,43 %, gas 28,86 %, ADO (*automotive diesel oil*) 10,93 %, FO (*fuel oil*) 3,17 %, kerosene 0,24%, IDO 0,22 %, briket 0,07%. Dengan perkataan lain bahwa penggunaan bahan bakar minyak sebesar 14,56 %. Energi di industri digunakan untuk bahan bakar pembangkit

listrik, bahan bakar motor, bahan bakar di furnace, bahan bakar boiler untuk membuat steam, bahan baku (*feedstock*) khusus pada industri pupuk, transportasi dan perkantoran. Penggunaan bahan bakar terbesar adalah minyak bumi yang diikuti dengan penggunaan batubara.

Proses produksi pada industri merupakan salah satu sumber emisi GRK. Emisi gas rumah kaca dari proses produksi adalah emisi yang dihasilkan dari reaksi kimia atau secara fisik menghasilkan zat sisa yang diklasifikasikan sebagai emisi gas rumah kaca. Industri-industri dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Industri yang bahan baku ataupun bahan penunjangnya mengandung karbonat, seperti industri semen, industri batu kapur, industri gelas, industri keramik, industri pulp & kertas serta industri gula rafinasi.
2. Industri yang melakukan reaksi steam reforming yaitu industri ammoniak dan industri kimia.
3. Industri yang melakukan reaksi reduksi biji besi di dalam *furnace* (Electric Arc Furnace, Induction Arc Furnace, Blast Furnace, dll).

Emisi GRK dapat berasal dari pengolahan limbah padat ataupun limbah cair. Limbah padat biasanya dibakar di insinerator menghasilkan CO<sub>2</sub>. Perhitungan emisi GRK insinerator sama dengan emisi GRK dari sistem pembakaran. Limbah cair yang diproses secara anaerobik menghasilkan CH<sub>4</sub>.

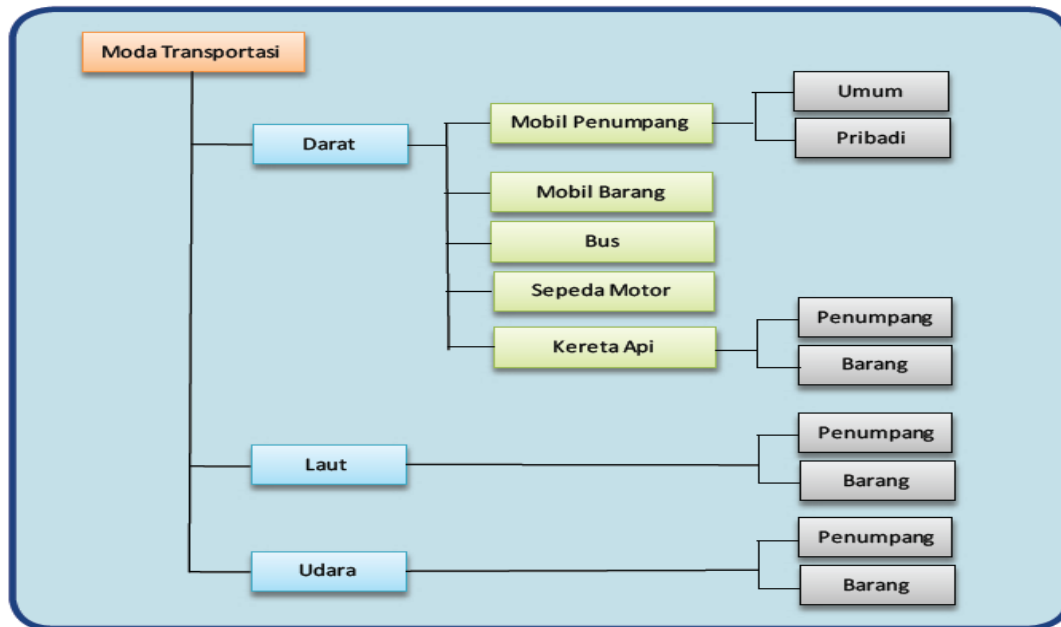
### **2.3 Transportasi**

Sukarto (2006) di dalam Kusuma (2010) menyatakan transportasi diartikan sebagai perpindahan barang atau orang dari satu tempat ke tempat yang lain atau perangkutan adalah perpindahan dari suatu tempat ke tempat lain dengan menggunakan alat pengangkutan, baik yang digerakkan oleh tenaga manusia, hewan (kuda, sapi, kerbau), atau mesin. Transportasi berfungsi untuk mengatasi kesenjangan jarak dan komunikasi antara tempat asal dan tempat tujuan. Untuk itu dikembangkan sistem dalam wujud sarana (kendaraan) dan prasarana (jalan). Dari sini timbul jasa angkutan untuk memenuhi kebutuhan perangkutan dari satu tempat ke tempat lain.

Secara umum sektor transportasi dapat diklasifikasikan menjadi 3 moda transportasi, yaitu : transportasi darat, transportasi laut, dan transportasi udara.



Masing-masing moda dapat dirinci lagi sesuai dengan jenis teknologi, bahan bakar maupun fungsinya. Secara garis besar klasifikasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Klasifikasi Moda Transportasi

Target pengurangan emisi sebesar 26%, tentu perlu didukung oleh seluruh sektor termasuk sektor transportasi. Sektor transportasi diharapkan dapat menurunkan emisi sebesar 0,038 Gton CO<sub>2</sub>e (skenario 26%) dan sebesar 0,056 (skenario 41%). Sektor transportasi tumbuh dan berkembang seiring dengan peningkatan perekonomian nasional. Transportasi merupakan sarana penting bagi masyarakat modern untuk memperlancar mobilitas manusia dan barang. Gas buang sisa pembakaran Bahan Bakar Minyak (BBM) mengandung bahan-bahan pencemar seperti CO<sub>2</sub> (*Carbon Dioksida*), NO<sub>x</sub> (*Nitrogen Oksida*), CO (*Carbon Monoksida*), VHC (*Volatile Hydro Carbon*) dan partikel lainnya. Bahan-bahan pencemar tersebut dapat berdampak negatif terhadap manusia ataupun ekosistem bila melebihi konsentrasi tertentu. Dengan pesatnya pertumbuhan kendaraan bermotor mengakibatkan peningkatan penggunaan BBM untuk sektor transportasi, maka gas buang yang mengandung polutan juga akan naik dan akan mempertinggi kadar pencemaran udara (ESDM, 2012)

## **2.4 Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Berdasarkan U.S EPA (2007) aktivitas manusia, seperti pembakaran minyak, batubara dan gas, dan pengundulan hutan, konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) meningkat di atmosfer sejak Revolusi Industri pada tahun 1700. Pada tahun 2005, konsentrasi CO<sub>2</sub> atmosfer global adalah 35% lebih tinggi daripada sebelum Revolusi Industri.

CO<sub>2</sub> memasuki atmosfer melalui pembakaran bahan bakar fosil (minyak, gas alam, dan batubara), limbah padat, pohon dan produk kayu, dan juga sebagai akibat dari reaksi kimia lain. CO<sub>2</sub> juga dihapus dari atmosfer ketika diserap oleh tanaman sebagai bagian dari siklus karbon biologis. CO<sub>2</sub> dapat diemisikan dalam sejumlah cara. Secara alami melalui siklus karbon dan melalui aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil. Sumber alami CO<sub>2</sub> terjadi dalam siklus karbon di mana miliaran ton CO<sub>2</sub> atmosfer dihilangkan dari atmosfer oleh lautan dan tanaman yang tumbuh dan dipancarkan kembali ke atmosfer setiap tahun. Ketika dalam keadaan keseimbangan, jumlah dan perpindahan emisi karbon dioksida dari seluruh siklus karbon mendekati sama.

Pada tahun 2007 konsumsi energi mencapai 851 juta SBM (setara barel minyak) dan 94 % digunakan oleh kegiatan rumah tangga, industri, dan transportasi. Konsumsi energi ini meningkat sekitar 15% dibandingkan dengan konsumsi pada tahun 2000. Penggunaan energi, terutama energi fosil, akan mengemisikan gas rumah kaca seperti CO<sub>2</sub>. Pada tahun 2007 penggunaan berbagai jenis bahan bakar diperkirakan mengemisikan CO<sub>2</sub> sebesar 432 juta ton. Hal ini berdasarkan Status Lingkungan Hidup Indonesia 2008.

## **2.5 Tapak Karbon**

Menurut Wiedmann dan Minx (2008) dalam Astari (2012) dinyatakan bahwa tapak karbon merupakan suatu ukuran jumlah total dari hasil emisi karbon dioksida secara langsung maupun tidak langsung yang disebabkan oleh aktivitas atau akumulasi dari penggunaan produk dalam kehidupan sehari-hari.

Tapak karbon merupakan sebuah metode untuk memperkirakan jumlah emisi gas rumah kaca pada persamaan karbon dari hasil silang daur ulang proses produksi bahan dasar yang digunakan di industri, pembuangan pada produk akhir.

Selain itu, tapak karbon merupakan sebuah metode untuk memperkirakan jumlah emisi gas rumah kaca pada persamaan karbon dari hasil silang daur ulang proses produksi bahan dasar yang digunakan di industri, pembuangan pada produk akhir.

Beberapa contoh bagaimana tapak karbon dapat dilihat, yaitu penggunaan listrik untuk keperluan sehari-hari yang memproduksi sejumlah CO<sub>2</sub> yang berasal dari pembangkitan listrik yang memasok energi listrik yang dipakai. Secara prinsip emisi karbon dibagi menjadi dua yaitu :

- a. Tapak karbon primer, merupakan ukuran emisi CO<sub>2</sub> yang bersifat langsung. Tapak karbon primer didapat dari hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti kendaraan dan transportasi, insinerator, pengolahan limbah, dan lain-lain. Secara prinsip emisi dari kegiatan seperti ini dapat dikontrol secara langsung.
- b. Tapak karbon sekunder, merupakan emisi CO<sub>2</sub> yang bersifat tak langsung. Tapak karbon sekunder dihasilkan dari daur daur hidup produk-produk yang kita gunakan, semakin banyak kita membeli maka semakin banyak pula emisi yang dihasilkan. Tapak karbon jenis ini diekivalenkan dengan pemakaian energi listrik (PLN), pembelian produk-produk lain yang tidak secara langsung mengemisikan karbon dioksida. Secara prinsip semua tapak karbon produk yang digunakan didasarkan emisi CO<sub>2</sub> untuk setiap satuan produksinya.

## **2.6 Faktor Emisi Karbon**

Menurut *Climate Change Information Center*, faktor emisi merupakan koefisien yang menghubungkan suatu aktivitas dengan jumlah senyawa kimia tertentu yang kemudian menjadi sumber emisi. Selain itu, faktor emisi adalah massa dari suatu polutan yang dihasilkan relatif untuk setiap unit proses. Ini mungkin per satuan massa bahan bakar yang dikonsumsi, atau per unit produksi (Porteous, 1996 dalam Kusuma, 2010). Faktor emisi dibagi menjadi dua yaitu faktor emisi primer dan faktor emisi sekunder.

Faktor emisi sekunder didasarkan atas pemakaian listrik maka digunakan emisi faktor atas dasar penyediaan listrik oleh pembangkit listrik. Kemudian emisi faktor listrik yang diperoleh digunakan sebagai faktor pengali untuk menghitung jumlah emisi CO<sub>2</sub> sekunder yang berasal dari konsumsi listrik.

Faktor emisi primer, untuk menghitung besarnya emisi CO<sub>2</sub> primer menggunakan perhitungan yang mengacu pada IPCC *Guidelines* (2006) tentang penghitungan emisi gas rumah kaca pada pemakaian bahan bakar fosil. Rumus yang digunakan dalam perhitungan ini merupakan jenis langsung yang karena pemakaian bahan bakarnya ditentukan dan digunakan pada kendaraan. Berikut ini adalah rumus yang digunakan :

$$Emisi\ CO_2 = \sum FC \times CEF \times NCV \quad (2.1)$$

dengan :

Emisi CO<sub>2</sub> = jumlah emisi CO<sub>2</sub> (satuan massa)

$\sum FC$  = jumlah bahan bakar fosil yang digunakan (massa/volume)

NCV = nilai Net Calorific Volume (*energy content*) per unit massa atau volume bahan bakar (TJ/ton fuel)

CEF = Carbon Emission Factor (ton CO<sub>2</sub>/TJ)

Tabel 2.5 Faktor Emisi Bahan Bakar untuk Sumber Bergerak dan Tidak Bergerak

Jenis Bahan Bakar	FE Default IPCC 2006 Sumber Bergerak, Ton/GJ			FE Default IPCC 2006 Sumber Tdk Bergerak, Ton/GJ		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Gas Bumi	56.100	92	3	56.100	1	0,1
Premium	69.300	33	3,2	69.300	3	0,6
Diesel	74.100	3,9	3,9	74.100	3	0,6
Industrial/Residual	-	-	-	77.400	3	0,6
Fuel Oil						
Marine Fuel Oil (MFO)	77.400	7 $\pm$ 50%	2	77.400	3	0,6
Batubara	-	-	-	96.100	10	1,5

Sumber : KLH, 2012

Tabel 2.6 Nilai Net Calorific Volume (NCV) Sesuai Jenis Bahan Bakar

Bahan Bakar	NCV
Premium*	33 x 10 <sup>-6</sup> TJ/liter
Solar (HSD, ADO)	36 x 10 <sup>-6</sup> TJ/liter
Minyak Diesel (IDO)	38 x 10 <sup>-6</sup> TJ/liter
MFO	40 x 10 <sup>-6</sup> TJ/liter
	4,04 x 10 <sup>-6</sup> TJ/ton

Tabel 2.6 (Lanjutan)

Bahan Bakar	Nilai Kalor
Gas Bumi	1,055 x 10 <sup>-6</sup> TJ/SCF 38,5 x 10 <sup>-6</sup> TJ/Nm <sup>3</sup>
LPG	47,3 x 10 <sup>-6</sup> TJ/kg
Batubara	18,9 x 10 <sup>-3</sup> TJ/ton
Catatan: *) termasuk Pertamina, Pertamina Plus	
HSD: <i>High Speed Diesel</i>	
ADO: <i>Automotive Diesel Oil</i>	
IDO: <i>Industrial Diesel Oil</i>	
Sumber : KLH, 2012	

## 2.7 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) merupakan organisasi independen yang dibentuk oleh PBB pada tahun 1998. Organisasi ini melakukan survei secara ilmiah dan teknis terkait dengan perubahan iklim di seluruh dunia (Anonim, 2010).

Berdasarkan IPCC (2006), ketelitian perhitungan tingkat emisi GRK dalam kegiatan inventarisasi dikelompokkan dalam tiga tingkat yaitu :

1. Tier 1 merupakan metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan dasar (*basic equation*) dan faktor emisi default atau *IPCC default values* (yaitu faktor emisi yang disediakan dalam IPCC Guideline) dan data aktivitas yang digunakan sebagian bersumber dari sumber data global.
2. Tier 2 merupakan perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan yang lebih rinci misalnya persamaan reaksi atau neraca material dan menggunakan faktor emisi lokal yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung dan data aktivitas berasal dari sumber data nasional dan/atau daerah.
3. Tier 3 merupakan metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan metode yang paling rinci (dengan pendekatan modeling dan *sampling*). Dengan pendekatan modeling faktor emisi lokal dapat divariasikan sesuai dengan keberagaman kondisi yang ada sehingga emisi dan serapan akan memiliki tingkat kesalahan lebih rendah.

## 2.8 Satuan Mobil Penumpang

Satuan mobil penumpang (smp) adalah satuan arus lalu lintas dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp). Untuk definisi ekivalensi mobil penumpang (emp) adalah faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas. Besaran smp dipengaruhi oleh tipe/jenis kendaraan dimensi kendaraan, dan kemampuan olah gerak. Sedangkan ekuivalensi kendaraan dengan mobil penumpang tergantung besar dan kecepatan kendaraan, semakin besar kendaraan maka nilai emp semakin tinggi, semakin tinggi kecepatan kendaraan maka nilai emp semakin rendah (Dirjen Bina Marga PU, 1997). Berikut merupakan tabel yang menjelaskan tentang nilai konversi kendaraan ke dalam satuan mobil penumpang.

Tabel 2.7 Konversi Jenis Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (smp)

No	Jenis Kendaraan	Definisi	Jenis-Jenis Kendaraan	smp
1	Kendaraan Ringan	Kendaraan ringan (LV=Light Vehicle) kendaraan bermotor dua as beroda 4 dengan jarak as 2-3 m	Mobil pribadi, oplet, mikrobis, pick up, truk kecil	1
2	Kendaraan Berat	Kendaraan umum (HV=Heavy Vehicle) kendaraan bermotor dengan lebih dari empat roda	Bus, truck 2 as, truck 3 as dan truck kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga	1,2
3	Sepeda Motor	Sepeda motor (MC=Motor Cycle) kendaraan bermotor dengan lebih dua atau tiga roda	Sepeda motor dan kendaraan beroda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga	0,25
4	Kendaraan Tak Bermotor	Kendaraan tak bermotor (UM=Unmotorized) Kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan	Sepeda, becak, kereta kuda, kereta dorong	0,8

Sumber : Dirjen Bina Marga PU, 1997



## 2.9 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengestimasi besarnya polutan udara yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor di beberapa kota besar penelitian yang dilakukan di India oleh Sharma, *et.al* (2004) telah mengestimasi emisi sektor transportasi di lima kota besar India. Berikut estimasi emisi tujuh kota besar di India.

Tabel 2.8 Estimasi Emisi (dalam Ribu Ton) dari Tujuh Kota Besar di India pada Tahun 1997-1998

Nama Kota	CO <sub>2</sub>	CO	NO	SO <sub>2</sub>	HC
Delhi	5460	386,8	1520	91,1	177,8
Mumbai	820	153,5	310	19,2	30,8
Kolkata	550	114,9	440	26,8	12,3
Chennai	240	99	230	13,5	63,6
Bangalore	220	92	250	14,8	69,1
Hyderabad	630	44,2	130	8,2	50,5
Ahmedabad	580	39,5	140	8,6	37,6

Sumber : Sharma, *et al.*, 2004

Sharma, *et.al* (2004) melakukan penelitian ini dengan mengasumsikan bahwa pola berkendara yang sama serta semua kendaraan bermotor adalah baru dan menggunakan prinsip dasar pembakaran dalam mengestimasi emisi di kota-kota besar yang ada di India. Penelitian yang dilakukan oleh Sharma, *et.al* (2004) ini memperlihatkan bahwa Kota Delhi paling banyak diemisikan polutan Karbon Dioksida dan ini merupakan kota dengan populasi total kendaraan bermotor yang paling besar diantara 7 (tujuh) kota yang dilakukan estimasi emisi yang bersumber dari kendaraan bermotor.

Penelitian yang dilakukan oleh Liu, *et.al* (2007) telah berhasil membandingkan emisi kendaraan bermotor di Beijing dan Shanghai di mana kondisi kedua kota berbeda dalam hal kebijakan transportasi dan didapat hasil sebagaimana Tabel 2.8. Menurut Liu, *et.al* (2007) perbedaan emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor di kedua kota besar di China terjadi karena perbedaan kebijakan dalam bidang manajemen transportasi antar kedua kota tersebut.

Tabel 2.9 Perbandingan Emisi Keseluruhan (per hari) di Beijing dan Shanghai

	CO (t)	VOC (t)	NO <sub>x</sub> (t)	PM (t)	CO <sub>2</sub> (t)
Beijing	2403	192	199	3	42753
Shanghai	1009	113	189	4	21037

Sumber : Liu, et al., 2007

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk menentukan Faktor Emisi Spesifik (FES) dari sektor industri dan transportasi dengan fungsi pengembangan wilayah pendidikan/ pariwisata di wilayah studi Kota Malang. Selain itu, untuk memetakan penyebaran hasil estimasi tapak karbon dari sektor industri dan transportasi dengan fungsi pengembangan wilayah pendidikan/ pariwisata di wilayah studi Kota Malang.

Untuk mencapai hal tersebut, kerangka penelitian yang digunakan adalah merumuskan ide studi, melakukan peninjauan pustaka yang ada, melakukan pengumpulan data, membahas hasil penelitian, dan menarik kesimpulan.

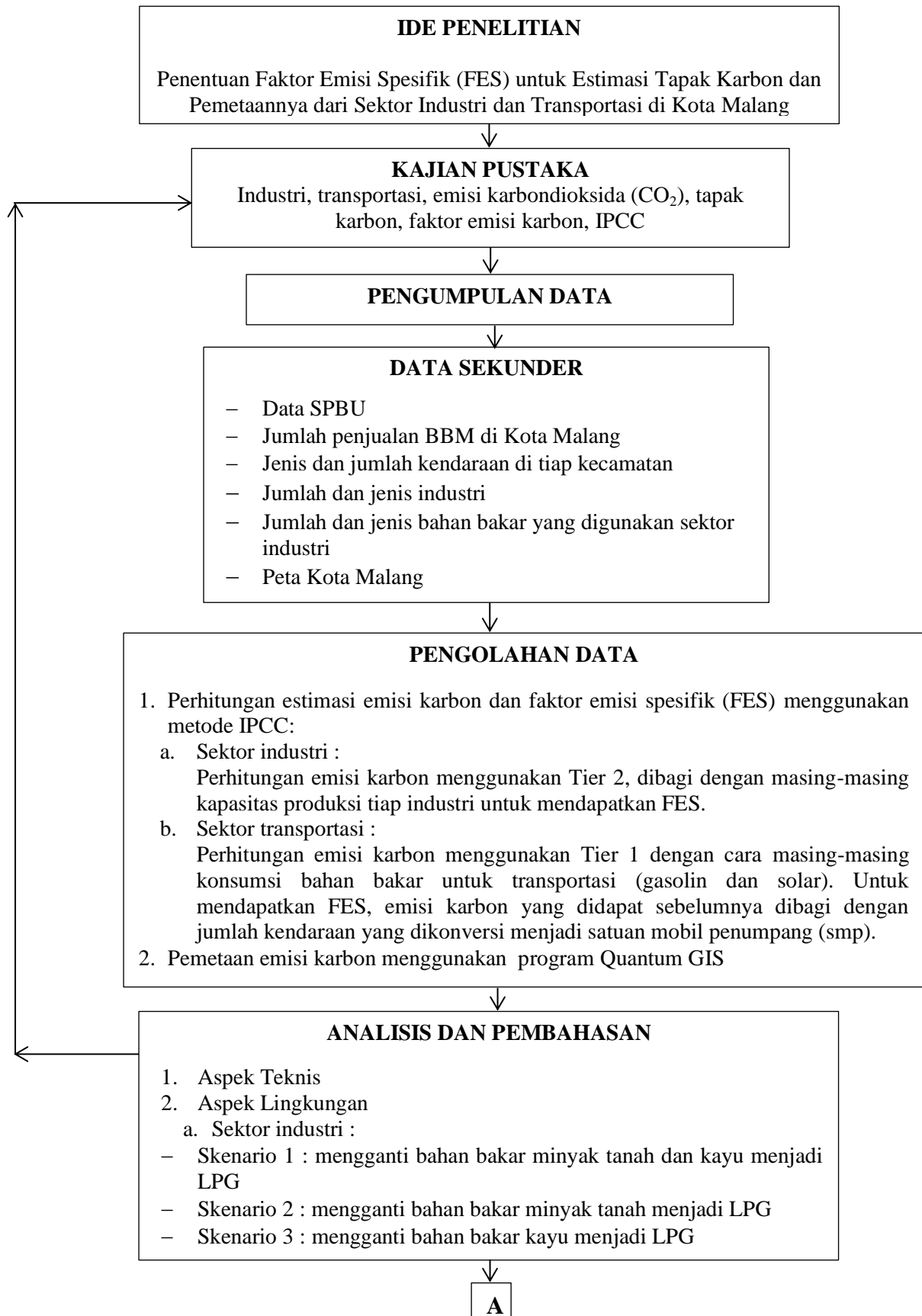
Dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan menggunakan IPCC “*Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories*” untuk mendapatkan estimasi tapak karbon. Penentuan tapak karbon ini untuk mendapatkan Faktor Emisi Spesifik (FES) khususnya dari sektor industri dan transportasi di Kota Malang dan dapat dijadikan acuan untuk daerah yang memiliki fungsi pengembangan wilayah yang sama.

#### **3.2 Kerangka Penelitian**

Kerangka penelitian merupakan gambaran mengenai tahapan-tahapan yang disusun secara berurutan dan sistematis. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.1

#### **3.3 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian ini berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian. Langkah-langkah tersebut meliputi penjelasan tentang studi literatur, pengumpulan data, analisis dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

### 3.3.1 Ide Penelitian

Ide penelitian ini adalah penentuan faktor emisi spesifik untuk estimasi tapak karbon dan pemetaannya dari sektor industri dan transportasi dengan fungsi pengembangan wilayah pendidikan/pariwisata di Kota Malang. Ide ini didukung karena penentuan faktor emisi spesifik dan pemetaan tapak karbon di Indonesia secara umum belum banyak dilakukan.

### 3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah pengumpulan data pendukung yang didapat dari *text book*, jurnal penelitian, artikel, tugas akhir, tesis, dan lain-lain guna menunjang penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur dilakukan secara terus-menerus yaitu dari tahap awal penelitian hingga pada analisis dan pembahasan hasil dari penelitian yang nantinya diperoleh suatu kesimpulan. Studi literatur ini berupa data tentang transportasi, industri, emisi CO<sub>2</sub>, tapak karbon, dan topik-topik yang mendukung penelitian.

### 3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dalam tahap analisa dan pembahasan penelitian ini. Jenis data yang diperlukan yaitu data sekunder. Data sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari dinas atau instansi terkait. Data sekunder yang didapatkan antara lain:

- Data SPBU (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum) dan jumlah distribusi BBM di Kota Malang.



Data SPBU dan jumlah distribusi BBM didapatkan dari PT Pertamina Unit Pemasaran V, data ini berisi tentang jumlah SPBU yang tersebar di Kota Malang dan distribusi BBM di tiap SPBU.

- Jumlah dan jenis industri

Data ini didapatkan dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang, data ini berisi jumlah dan jenis industri. Industri di Kota Malang berjumlah 837 perusahaan dengan 15 sub sektor industri.

- Jenis dan jumlah bahan bakar untuk sektor industri.

Data ini didapatkan dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang, data ini berisi tentang jumlah bahan bakar yang digunakan tiap industri untuk proses produksinya.

- Peta Kota Malang

Peta Kota Malang digunakan untuk pemetaan hasil emisi karbon di Kota Malang. Peta Kota Malang yang digunakan merupakan peta rupa bumi.

### **3.3.4 Pengolahan Data**

Pengolahan data sekunder dari sektor industri dan transportasi di wilayah studi Kota Malang dilakukan perhitungan untuk mengetahui estimasi tapak karbon menggunakan metode perhitungan IPCC 2006 dengan tingkat ketelitian tier 2 untuk sektor industri dan tingkat ketelitian tier 1 untuk sektor transportasi, perhitungan faktor emisi spesifik (FES) serta pemetaan tapak karbon menggunakan program Quantum GIS pada peta wilayah studi Kota Malang.

### **3.3.5 Analisis Data dan Pembahasan**

Analisis data dan pembahasan dilakukan berdasarkan pada pengolahan data sekunder. Pembahasan tentang aspek teknis dilakukan dengan cara perhitungan dengan menggunakan IPCC 2006 dengan tingkat ketelitian tier 2 untuk sektor industri dan tingkat ketelitian tier 1 untuk sektor transportasi, selanjutnya dilakukan perhitungan penentuan faktor emisi spesifik (FES). Setelah itu, akan dilakukan pembahasan tentang penyebaran tapak karbon di wilayah studi Kota Malang dan dilakukan pemetaan tapak karbon menggunakan program

Quantum GIS. Selain itu, terdapat tiga skenario untuk mendukung aspek lingkungan, skenario tersebut yaitu:

a. Skenario Industri :

- Skenario 1 yaitu emisi karbon yang dihasilkan apabila industri yang menggunakan bahan bakar minyak tanah dan kayu dalam proses produksinya diganti menggunakan LPG sebagai bahan bakar dalam proses produksinya.
- Skenario 2 yaitu emisi karbon yang dihasilkan apabila industri yang menggunakan bahan bakar minyak tanah dalam proses produksinya diganti menggunakan LPG sebagai bahan bakar dalam proses produksinya.
- Skenario 3 yaitu emisi karbon yang dihasilkan apabila industri yang menggunakan bahan bakar kayu dalam proses produksinya diganti menggunakan LPG sebagai bahan bakar dalam proses produksinya.

b. Skenario Transportasi

- Skenario 1 yaitu transportasi yang menggunakan bahan bakar gasolin dan solar diubah menjadi bahan bakar gas.
- Skenario 2 yaitu transportasi yang menggunakan bahan bakar solar diubah menjadi bahan bakar gas.

Dalam penerapannya harus didukung aspek ekonomi untuk memudahkan penerapan skenario dan mengetahui nilai ekonomi dari tiap skenario tersebut. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai tingkat penyebaran karbon di wilayah studi Kota Malang dan menjadi acuan bagi kota-kota yang fungsi pengembangannya sama yaitu pendidikan/ pariwisata di Provinsi Jawa Timur.

### **3.3.6 Kesimpulan dan Saran**

Berdasarkan pembahasan yang didapat dari analisis data yang dilakukan, maka sebagai hasilnya akan diuraikan secara singkat, jelas, dan mudah dipahami serta sesuai dengan tujuan penelitian dan diletakkan pada kesimpulan. Sedangkan saran merupakan hal-hal yang perlu ditindaklanjuti dari penelitian ini.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB 4

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Aspek Teknis

Aspek teknis pada penelitian ini merupakan perhitungan emisi karbon dan faktor emisi spesifik (FES) dari sektor industri dan sektor transportasi. Basis data yang digunakan untuk perhitungan merupakan data pada tahun 2012 yang didapatkan dari instansi terkait, hal ini dikarenakan data pada tahun 2012 merupakan data terlengkap. Data yang digunakan pada sektor industri yaitu data industri yang terdapat di Kota Malang, jenis dan konsumsi bahan bakar yang digunakan setiap industri untuk proses produksi, kapasitas produksi setiap industri. Untuk sektor transportasi data yang dibutuhkan yaitu data penjualan jenis dan jumlah bahan bakar di setiap SPBU, jenis dan jumlah kendaraan, jenis dan jumlah kendaraan di tiap kecamatan.

##### 4.1.1 Sektor Industri

Berdasarkan data yang didapatkan dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang, industri yang terdapat di Kota Malang berjumlah 837 perusahaan. Industri ini diklasifikasikan sesuai dengan sub sektor industrinya, sehingga dari 837 perusahaan terdapat 15 sub sektor industri. Klasifikasi berdasarkan KBLI 2005 (Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia) yang diterbitkan oleh BPS dan disusun berdasarkan ISIC (*International Standard Industrial Classification*). Berikut merupakan jumlah industri di Kota Malang yang telah diklasifikasikan sesuai dengan sub sektor industri.

Tabel 4.1 Jumlah Perusahaan Industri Menurut Sub Sektor Industri

No.	Sub Sektor Industri	Jumlah Perusahaan
1.	Industri Makanan dan Minuman	199
2.	Industri Pengolahan Tembakau	62
3.	Industri Tekstil	113
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	21



Tabel 4.1 (Lanjutan)

No.	Sub Sektor Industri	Jumlah Perusahaan
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	18
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	107
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	22
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	33
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	18
10.	Industri Logam Dasar	21
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	41
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	30
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	32
14.	Industri Pengolahan Lainnya	50
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	70
Jumlah		837

Sumber : Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang, 2012

Berdasarkan data di atas dari 837 perusahaan hanya 287 perusahaan yang diketahui data jenis dan jumlah bahan bakarnya. Sehingga, perusahaan tersebut disebut sebagai sampel. Untuk industri yang memiliki data jenis dan jumlah konsumsi bahan bakar akan menjadi acuan untuk industri yang tidak memiliki data tersebut. Berikut merupakan data tentang perusahaan yang memiliki data bahan bakar dan yang tidak memiliki data bahan bakar.

Tabel 4.2 Jumlah Industri yang Memiliki Data Bahan Bakar

No.	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar				Tidak ada data
		Minyak Tanah	LPG	Solar	Kayu	
1.	Industri Makanan dan Minuman	86	52	6	7	48
2.	Industri Pengolahan Tembakau	2	-	2	-	58
3.	Industri Tekstil	0	-	1	-	112
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	4	-	0	-	17

Tabel 4.2 (Lanjutan)

No.	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar				
		Minyak Tanah	LPG	Solar	Kayu	Tidak ada data
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	3	-	3	-	12
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	1	-	1	-	105
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	3	-	2	-	17
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	-	-	4	-	29
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	3	2	9	2	2
10.	Industri Logam Dasar	-	-	4	-	17
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	-	-	23	2	16
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	1	1	9	-	19
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	-	-	16	-	16
14.	Industri Pengolahan Lainnya	-	1	1	1	47
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	1	-	34	-	35

Sumber : Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang, 2012

Pada penelitian sektor industri harus diketahui jenis dan jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan dalam proses produksi. Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa sebagian besar industri di Kota Malang menggunakan bahan bakar seperti minyak tanah, solar, LPG (*Liquified Petroleum Gas*), dan masih terdapat beberapa industri yang menggunakan kayu bakar. Data jumlah konsumsi bahan bakar digunakan untuk perhitungan emisi karbon selain itu dibutuhkan pula data kapasitas produksi tiap jenis industri untuk perhitungan faktor emisi spesifik (FES). Pada perhitungan emisi karbon sektor industri menggunakan NCV dan faktor emisi yang mengacu pada IPCC 2006, untuk nilainya dapat dilihat di Tabel 4.3.



Tabel 4.3 Nilai NCV dan Faktor Emisi Sesuai Jenis Bahan Bakar Untuk Industri

Jenis Bahan Bakar	NCV	Faktor Emisi (kg CO <sub>2</sub> /TJ)
Minyak Tanah	43,8 x 10 <sup>-6</sup> TJ/Kg	71900
LPG	47,3 x 10 <sup>-6</sup> TJ/Kg	63100
Kayu	1,5 x 10 <sup>-5</sup> TJ/Kg	112000
Solar	38 x 10 <sup>-6</sup> TJ/Liter	74100

Sumber : IPCC, 2006

Untuk lebih jelas tentang perhitungan emisi karbon dan faktor emisi spesifik dapat dilihat contoh perhitungan di bawah ini dengan menggunakan data industri makanan dan minuman.

a. Perhitungan Emisi Karbon Untuk Sampel

Dari data Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang terdapat 151 perusahaan yang memiliki data konsumsi bahan bakar. Sehingga, 151 perusahaan ini dianggap sebagai sampel dan dihitung emisi karbonnya. Berikut merupakan contoh perhitungan emisi karbon untuk perusahaan yang menggunakan bahan bakar minyak tanah.

- Konsumsi bahan bakar = 50320 kg/tahun
- NCV minyak tanah = 43,8 x 10<sup>-6</sup> TJ/Kg
- Faktor Emisi minyak tanah = 71900 kg CO<sub>2</sub>/TJ

Perhitungan menggunakan persamaan 2.1

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi Karbon} &= \text{Konsumsi bahan bakar} \times \text{NCV} \times \text{Faktor Emisi} \\
 &= 50320 \text{ kg/thn} \times 43,8 \times 10^{-6} \text{ TJ/Kg} \times 71900 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \\
 &= 158.469 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} = 158,47 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh emisi karbon dari penggunaan bahan bakar minyak tanah industri makanan dan minuman adalah 158,47 ton CO<sub>2</sub>/tahun.

Contoh perhitungan diatas juga digunakan untuk memperoleh emisi karbon dari konsumsi bahan bakar jenis lainnya. Hasil perhitungan untuk jenis bahan bakar jenis lainnya dapat dilihat di Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Emisi Karbon Tiap Jenis Bahan Bakar Industri Makanan dan Minuman

Bahan Bakar			Faktor Emisi	Emisi Karbon	Emisi Karbon (Ton
Jenis	Konsumsi (tahun)	NCV	(kg CO <sub>2</sub> /TJ)	(kg CO <sub>2</sub> /tahun)	CO <sub>2</sub> /tahun)
M. tanah	50320 kg	43,8 x 10 <sup>-6</sup> TJ/Kg	71900	158469	158,47
LPG	42460 kg	47,3 x 10 <sup>-6</sup> TJ/Kg	63100	126727	126,73
Kayu	721600 kg	1,5 x 10 <sup>-5</sup> TJ/Kg	112000	1212288	1212,29
Solar	5200 liter	38 x 10 <sup>-6</sup> TJ/Liter	74100	14642,2	14,64
Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					1512,13

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.4 didapatkan total emisi karbon sampel tiap jenis bahan bakar sebesar 1512,3 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Penyumbang emisi karbon terbesar berasal dari kayu, hal ini dikarenakan nilai kalor (NCV) kayu memiliki nilai yang kecil sehingga emisi yang dihasilkan lebih besar.

b. Perhitungan Faktor Emisi Spesifik (FES) Industri Makanan dan Minuman

Setelah didapatkan total emisi karbon untuk sampel, dilakukan perhitungan untuk FES dengan cara total emisi karbon sampel sebesar 1512,3 ton CO<sub>2</sub>/tahun dibagi dengan kapasitas produksi industri sampel sebesar 9523 ton produksi. Sehingga, diperoleh FES industri makanan dan minuman adalah 0,16 ton CO<sub>2</sub>/tahun.ton produksi. Berikut merupakan perhitungan FES industri makanan dan minuman.

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor Emisi Spesifik (FES)} &= \frac{\text{Total Emisi Karbon}}{\text{Kapasitas Produksi}} \\
 &= \frac{1512,13 \text{ Ton CO}_2/\text{tahun}}{9523 \text{ Ton}} \\
 &= 0,16 \text{ ton CO}_2/\text{tahun.ton produksi}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Emisi Total Industri Makanan dan Minuman

Untuk mendapatkan emisi total industri makanan dan minuman, sebelumnya dilakukan perhitungan untuk emisi yang dihasilkan dari industri selain sampel dengan cara mengalikan FES industri makanan dan minuman dengan kapasitas total produksi industri selain sampel. Hasil perhitungan emisi karbon selain sampel adalah 5180,33 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Setelah didapatkan emisi



karbon untuk industri selain sampel dilakukan perhitungan untuk emisi total yang dihasilkan industri makanan dan minuman. Hasil perhitungan emisi total yang dihasilkan industri makanan dan minuman adalah 6692,46 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Berikut merupakan perhitungannya.

$$\begin{aligned}\text{Emisi Karbon} &= \text{FES industri makanan dan minuman} \times \text{Kapasitas Produksi} \\ &\quad \text{industri selain sampel} \\ &= 0,16 \text{ ton CO}_2/\text{tahun.Ton produksi} \times 32622,76 \text{ ton} \\ &= 5180,33 \text{ ton CO}_2/\text{tahun.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi Karbon Total} &= \text{Emisi Karbon Sampel} + \text{Emisi Karbon Selain Sampel} \\ &= 1512,3 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} + 5180,33 \text{ ton CO}_2/\text{tahun.} \\ &= 6692,46 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}\end{aligned}$$

Dari perhitungan industri makanan dan minuman di atas, diperoleh emisi karbon total dan faktor emisi spesifik. Perhitungan di atas digunakan untuk industri jenis lainnya. Untuk hasil emisi karbon dan faktor emisi spesifik industri jenis lainnya dapat dilihat di Lampiran A. Berikut merupakan tabel yang menunjukkan emisi karbon dari tiap sektor industri.

Tabel 4.5 Emisi Karbon dan Faktor Emisi Spesifik (FES) Tiap Sub Sektor Industri

No.	Sub Sektor Industri	Faktor Emisi Spesifik (FES)	Emisi Karbon (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)
1.	Industri Makanan dan Minuman	0,16 ton CO <sub>2</sub> /tahun.ton produksi	6.692,5
2.	Industri Pengolahan Tembakau	0,0028 ton CO <sub>2</sub> /tahun.ton produksi	818,2
3.	Industri Tekstil	0,00028 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	20.027,8
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	0,00026 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	90,6
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	0,00021 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	94,4
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	0,0000018 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	2.756,7
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	0,000034 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	31,8
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	0,00002 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	100,3



Tabel 4.5 (Lanjutan)

No.	Sub Sektor Industri	Faktor Emisi Spesifik (FES)	Emisi Karbon (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	0,0002 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	317,1
10.	Industri Logam Dasar	0,00013 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	8,0
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	0,00031 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	72,2
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	0,00031 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	33,2
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	0,00021 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	20,3
14.	Industri Pengolahan Lainnya	0,056 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	24.698,0
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	0,00046 ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi	68,0
Total			55.829,05

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.5 di atas, total emisi di sektor industri dalam satu tahun sebesar 55.829,05 ton CO<sub>2</sub>. Dari 15 sub sektor industri terdapat 5 industri yang menghasilkan emisi karbon tertinggi yaitu industri pengolahan lainnya dengan emisi karbon sebesar 24.698 ton CO<sub>2</sub>/tahun, industri tekstil dengan emisi karbon sebesar 20.027,8 ton CO<sub>2</sub>/tahun, industri makanan dan minuman dengan emisi karbon sebesar 6.692,5 ton CO<sub>2</sub>/tahun, industri pencetakan dan reproduksi media rekaman dengan emisi karbon sebesar 2.756,7 ton CO<sub>2</sub>/tahun, dan industri pengolahan tembakau dengan emisi karbon sebesar 818,2 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Sedangkan, industri yang menyumbang emisi karbon paling kecil yaitu industri logam dasar dengan emisi karbon sebesar 8 ton CO<sub>2</sub>/tahun.

Industri di Kota Malang tersebar di lima Kecamatan di Kota Malang, yaitu di Kecamatan Kedungkandang, Sukun, Klojen, Blimbing, dan Lowokwaru. Dari kelima Kecamatan di Kota Malang, Kecamatan Klojen merupakan penghasil emisi karbon terbesar dengan emisi sebesar 22.714,54 ton CO<sub>2</sub>. Hal ini dikarenakan jumlah industri di kecamatan tersebut berjumlah 233 industri. Untuk lebih jelas tentang penyebaran industri di Kota Malang di tiap Kecamatan beserta

jumlah industri dan emisi karbon yang dihasilkan, dapat dilihat pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6 Jumlah Industri dan Emisi Karbon Tiap Kecamatan di Kota Malang

No.	Kecamatan	Jumlah Industri	Emisi Karbon
1.	Kedungkandang	107	6.207,58
2.	Sukun	192	14.422,42
3.	Klojen	233	22.714,54
4.	Blimbing	189	6.476,81
5.	Lowokwaru	116	5.999,78

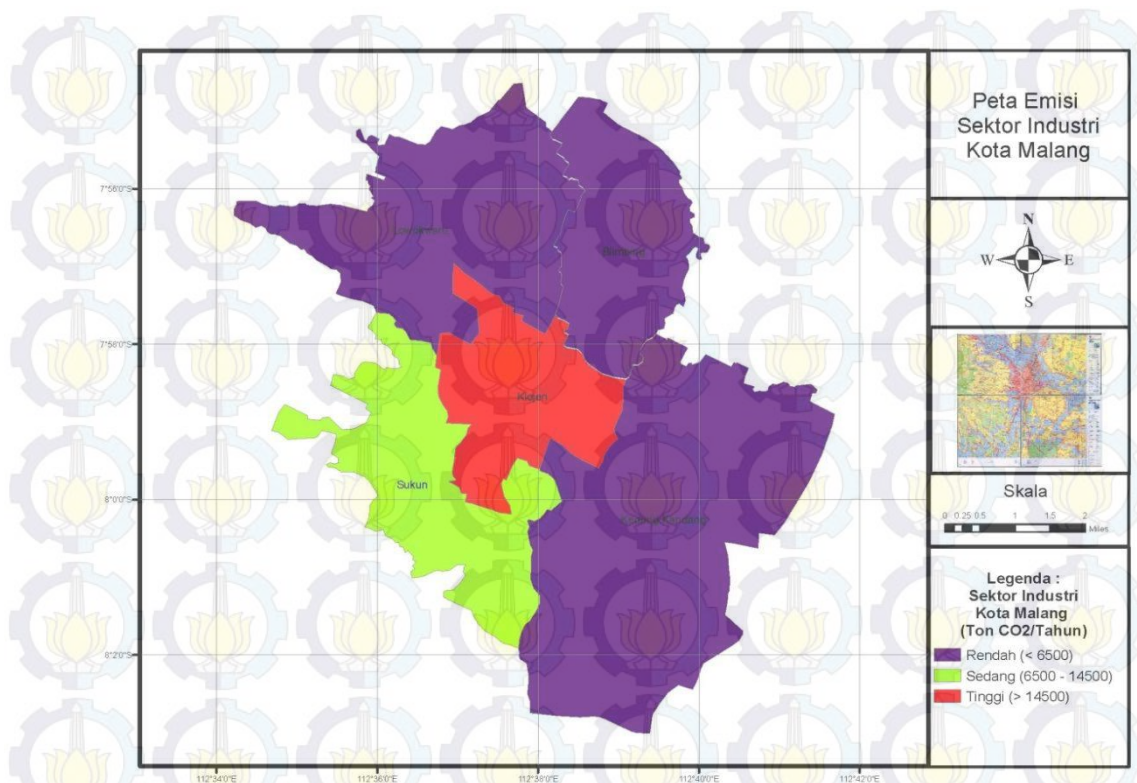
Sumber : Hasil Perhitungan.

Pemetaan emisi karbon pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penyebaran emisi karbon di lima kecamatan Kota Malang, pemetaan menggunakan program Quantum GIS. Penyebaran emisi karbon ditandai dengan perbedaan warna pada masing-masing kecamatan, sebelumnya ditentukan *range* penyebaran emisi karbon yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Untuk pemetaan penyebaran emisi karbon dari sektor industri, memiliki 3 *range* penyebaran yaitu :

- Rendah dengan emisi karbon < 6.500 ton CO<sub>2</sub>/tahun.
- Sedang dengan emisi antara 6.500 – 14.500 ton CO<sub>2</sub>/tahun.
- Tinggi dengan emisi > 14.500 ton CO<sub>2</sub>/tahun.

Dari hasil pemetaan penyebaran emisi karbon sektor industri, daerah yang memiliki emisi karbon paling tinggi terdapat di Kecamatan Klojen dan emisi karbon paling rendah terdapat di Kecamatan Lowokwaru, Blimbing, dan Kedungkandang. Sedangkan, untuk penyebaran emisi karbon dengan *range* sedang terdapat di Kecamatan Sukun. Berikut gambar pemetaan estimasi emisi karbon pada sektor industri.





Gambar 4.1 Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Industri

Untuk mengetahui sub sektor industri yang terdapat di tiap kecamatan, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.7 Sub Sektor Industri di Tiap Kecamatan

No.	Sub Sektor Industri	Kedungkandang	Sukun	Klojen	Blimbing	Lowokwaru
1.	Industri Makanan dan Minuman	14	53	72	38	22
2.	Industri Pengolahan Tembakau	28	22	4	7	1
3.	Industri Tekstil	11	18	40	24	20
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	2	6	5	6	2
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	2	3	2	8	3
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	6	17	40	21	23
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	4	3	3	9	3
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	5	9	6	9	4

Tabel 4.7 (Lanjutan)

No.	Sub Sektor Industri	Kedungkandang	Sukun	Klojen	Blimbing	Lowokwaru
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	1	8	2	-	7
10.	Industri Logam Dasar	3	6	6	5	1
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	7	8	8	9	9
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	3	8	2	12	5
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	9	3	4	14	2
14.	Industri Pengolahan Lainnya	4	16	17	7	6
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	8	12	22	20	8
Total		107	192	233	189	116

Sumber : Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Malang, 2012

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat diketahui Kecamatan Klojen terdapat 233 perusahaan dibandingkan dengan kecamatan lain, di kecamatan ini terdapat perusahaan lebih banyak. Selain itu, industri makanan dan minuman, industri tekstil, industri pencetakan dan reproduksi media rekaman, dan industri pengolahan lainnya juga lebih banyak di Kecamatan Klojen. Industri-industri tersebut merupakan tersebut penghasil emisi karbon terbesar di Kota Malang.

#### 4.1.2 Sektor Transportasi

Untuk perhitungan emisi karbon dan faktor emisi spesifik (FES) transportasi di Kota Malang dibutuhkan data penjualan tentang jenis dan jumlah bahan bakar di setiap SPBU (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum) Kota Malang. Berikut merupakan data penjualan jenis dan jumlah bahan bakar di Kota Malang, data ini di dapatkan dari SLHD Kota Malang, 2012.

Tabel 4.8 Jumlah SPBU dan Rata-Rata Penjualan BBM Kota Malang

No.	Lokasi SPBU	Penjualan per Bulan (Kiloliter)		
		Premium	Pertamax	Solar
1.	Jl. Raya Tlogomas 246	336	11	43



Tabel 4.8 (Lanjutan)

No.	Lokasi SPBU	Penjualan per Bulan (Kiloliter)		
		Premium	Pertamax	Solar
2.	Jl. R.P. Soeroso	271	2	120
3.	Jl. Raya Tlogomas 45	969	18	193
4.	Jl. Soekarno-Hatta	840	25	99
5.	Jl. Panglima Sudirman	589	9	162
6.	Jl. S. Supriadi 38 Kec. Sukun	755	5	95
7.	Jl. R. Intan Lingkungan	273	1	213
8.	Jl. Langsep/ Tanjung	584	2	160
9.	Jl. Kol Sugiono-Gadang	333	-	69
10.	Jl. Kawi 27 F	272	-	31
11.	Jl. Trunojoyo 1	325	9	69
12.	Jl. Yulius Usman 27	529	13	136
13.	Jl. Bandung NI. 5-C	663	32	57
14.	Jl. Bendungan Sutami	720	15	49
15.	Jl. Ki Ageng Gribig	409	5	133
16.	Jl. Raya Lowokdoro	111	-	17
17.	Jl. Mayjen Winoyo Rampal	730	17	137
18.	Jl. Mayjen Sungkono Kedung Kandang	371	-	68
19.	Jl. Puncak Mandala Kec. Sukun	569	16	149
20.	Jl. R. Panji Suroso Kel. Purwodadi	596	14	345
21.	Jl. Raya Dirgantara	603	16	149
22.	Jl. Terusan Sulfat	623	13	119
23.	Jl. Letjen S. Parman 46-52	1.102	-	189
24.	Jl. Kol Sugiono 176 B Sukun	457	3	153
25.	Lokasi Kel. Bumiayu Kec. Kedung Kandang	62	1	11
26.	Jl. Raya Tutut Arjowinangun	117	-	-
Total (Kiloliter/bulan)		13.209	227	2.966
Total (Kiloliter/tahun)		158.508	2724	35.592
Total (Liter/tahun)		158.508.000	2.724.000	35.592.000
Total Gasolin (Liter/tahun)			161.232.000	
Total Solar (Liter/tahun)			35.592.000	

Sumber : PT Pertamina Unit Pemasaran V, 2012.

Dari data di atas SPBU di Kota Malang berjumlah 26 unit, data penjualan bahan bakar di setiap SPBU dianggap sebagai data konsumsi bahan bakar untuk transportasi di Kota Malang. Rata-rata penjualan per bulan untuk gasolin (premium dan pertamax) sebesar 13.436.000 liter/bulan dan solar sebesar 2.966.000 liter/bulan karena data yang dibutuhkan untuk perhitungan emisi

karbon dan FES adalah konsumsi bahan bakar per tahun makan data rata-rata penjualan per bulan dikalikan 12. Sehingga, didapatkan gasoline sebesar 161.232.000 liter/tahun dan solar sebesar 35.592.000 liter/tahun.

Selain itu, dibutuhkan pula data jenis dan jumlah kendaraan di Kota Malang, data ini didapatkan dari SLHD Kota Malang, 2012. Berikut merupakan data jenis dan jumlah kendaraan di Kota Malang.

Tabel 4.9 Jenis dan Jumlah Kendaraan Di Kota Malang

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Unit)
1.	Mobil Pribadi Gasolin	47.322
2.	Mobil Pribadi Solar	9.464
3.	Angkutan Umum Gasolin	2.570
4.	Angkutan Umum Solar	260
5.	Bus Besar Solar	163
6.	Bus Kecil Solar	260
7.	Truk Besar Solar	3.544
8.	Truk Kecil Gasolin	116
9.	Truk Kecil Solar	9.587
10.	Sepeda Motor	261.032
Jumlah (Unit)		334.318

Sumber : SLHD Kota Malang, 2012

Berdasarkan Tabel 4.9, terdapat 10 jenis kendaraan dengan masing-masing jenis bahan bakarnya. Jumlah kendaraan di Kota Malang sebanyak 334.318 unit dengan rincian jumlah mobil pribadi dengan bahan bakar gasolin adalah 47.322 unit, mobil pribadi dengan bahan bakar solar berjumlah 9.464 unit. Sehingga, jumlah mobil penumpang di Kota Malang sebesar 56.786 unit. Untuk jumlah kendaraan angkutan umum dengan bahan bakar gasolin adalah 2.570 unit dan angkutan umum dengan bahan bakar solar adalah 260 unit, sehingga jumlah angkutan umum di Kota Malang sebesar 2.830 unit. Bus besar dengan bahan bakar solar sebanyak 163 unit, bus kecil dengan bahan bakar solar sebanyak 260 unit.

Untuk jenis kendaraan truk besar dengan bahan bakar solar sebesar 3.544 unit dan truk kecil dengan bahan bakar gasolin sebanyak 116 unit. Sedangkan untuk truk kecil dengan bahan bakar solar sebesar 9.587 unit sehingga, jumlah



truk kecil di Kota Malang sebanyak 9.703 unit. Kendaraan dengan jenis sepeda motor sebesar 261.032 unit. Berdasarkan jenis bahan bakarnya, kendaraan yang menggunakan bahan bakar gasolin adalah mobil pribadi, angkutan umum, truk kecil dan sepeda motor. Sedangkan jenis kendaraan yang menggunakan bahan bakar solar adalah mobil pribadi, angkutan umum, bus besar, bus kecil, truk besar, dan truk kecil. Pada perhitungan emisi karbon sektor transportasi menggunakan NCV dan faktor emisi yang mengacu pada IPCC 2006, untuk nilainya dapat dilihat di Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Nilai NCV dan Faktor Emisi Sesuai Jenis Bahan Bakar Untuk Transportasi

Jenis Bahan Bakar	NCV	Faktor Emisi
Gasolin	$33 \times 10^{-6}$ TJ/liter	69300 kg CO <sub>2</sub> /TJ
Solar	$36 \times 10^{-6}$ TJ/liter	74100 kg CO <sub>2</sub> /TJ
BBG	$1,055 \times 10^{-6}$ TJ/SCF	56100 g CO <sub>2</sub> /TJ

Sumber : IPCC, 2006

a. Perhitungan Emisi Karbon Sektor Transportasi

Perhitungan emisi karbon sektor transportasi menggunakan data konsumsi bahan bakar dengan persamaan 2.1. Berikut merupakan perhitungan emisi bahan bakar gasolin dan solar di Kota Malang.

– Perhitungan emisi karbon bahan bakar gasolin

Konsumsi gasolin = 161.232.000 liter/tahun

NCV gasolin =  $33 \times 10^{-6}$  TJ/liter

Faktor emisi gasolin = 69300 kg CO<sub>2</sub>/TJ

Emisi Karbon Gasolin = Konsumsi BBM gasolin x NCV x FE gasolin

= 161.232.000 liter/tahun x  $33 \times 10^{-6}$  TJ/liter x 69300 kg CO<sub>2</sub>/TJ

= 368.721.460,8 kg CO<sub>2</sub>/tahun

= 368.721,46 ton CO<sub>2</sub>/tahun

– Perhitungan emisi karbon bahan bakar solar

Konsumsi solar = 35.592.000 liter/tahun



$$\text{NCV solar} = 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter}$$

$$\text{Faktor emisi solar} = 74100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi Karbon Solar} &= \text{Konsumsi BBM solar} \times \text{NCV} \times \text{FE solar} \\ &= 35.592.000 \text{ liter/tahun} \times 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \times 74100 \\ &\quad \text{kg CO}_2/\text{TJ} \\ &= 94945219,2 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \\ &= 94.945,22 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

Dari perhitungan emisi karbon di atas didapatkan emisi karbon gasolin sebesar 368721,46 ton CO<sub>2</sub>/tahun dan emisi karbon solar 94945,22 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Emisi karbon dari sektor transportasi adalah 463.666,68 ton CO<sub>2</sub>/tahun, hasil ini didapatkan dari penjumlahan emisi karbon gasolin dan emisi karbon solar.

b. Perhitungan Faktor Emisi Spesifik

Selain data emisi karbon dari setiap jenis bahan bakar, untuk mendapatkan faktor emisi spesifik dibutuhkan pula data jenis dan jumlah kendaraan di Kota Malang. Data kendaraan tersebut dikonversi ke Satuan Mobil Penumpang (smp), dengan cara mengalikan jumlah kendaraan dengan smp sesuai dengan jenis kendaraannya. Dari Tabel 4.9 tentang jenis dan jumlah kendaraan di Kota Malang dan Tabel 2.7 maka didapatkan hasil konversi smp masing jenis-jenis kendaraan seperti tabel di bawah ini.

Tabel 4.11 Hasil Konversi Jumlah Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (smp)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Unit)	Satuan Mobil Penumpang (SMP)
Mobil Pribadi Gasolin	47322	47322
Mobil Pribadi Solar	9464	9464
Angkutan Umum Gasolin	2570	2570
Angkutan Umum Solar	260	260
Bus Besar Solar	163	195,6
Bus Kecil Solar	260	260
Truk Besar Solar	3544	4252,8
Truk Kecil Gasolin	116	116
Truk Kecil Solar	9587	9587
Sepeda Motor	261032	65258
Total	334318	139285,4

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hasil konversi kendaraan ke satuan mobil penumpang, maka selanjutnya dapat dihitung faktor emisi kendaraan setiap bahan bakar dengan cara membagi emisi karbon bahan bakar dengan jumlah smp sesuai dengan bahan bakarnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat perhitungan di bawah ini.

– Perhitungan FES bahan bakar gasolin

Emisi karbon gasolin = 368.721,46 ton CO<sub>2</sub>/tahun

Total smp kendaraan dengan bahan bakar gasolin

= smp mobil pribadi gasolin + smp angkutan umum gasolin + smp truk kecil gasolin + smp sepeda motor

= 47.322 smp + 2.570 smp + 116 smp + 65.258 smp

= 115.266 smp

$$\begin{aligned} \text{FES bahan bakar gasolin} &= \frac{\text{Emisi karbon gasolin}}{\text{Total smp kendaraan bahan bakar gasolin}} \\ &= \frac{368.721,46 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{115.266 \text{ smp}} \\ &= 3,2 \text{ ton CO}_2/\text{smp bahan bakar gasolin} \end{aligned}$$

– Perhitungan FES bahan bakar solar

Emisi karbon solar = 94.945,22 ton CO<sub>2</sub>/tahun

Total smp kendaraan dengan bahan bakar solar

= smp mobil pribadi solar + smp angkutan umum solar + smp bus besar solar + smp bus kecil solar + smp truk besar solar + smp truk kecil solar

= 9.464 smp + 260 smp + 195,6 smp + 260 smp + 4.252,8 smp + 9.587 smp

= 24.019,4 smp

$$\begin{aligned} \text{FES bahan bakar solar} &= \frac{\text{Emisi karbon solar}}{\text{Total smp kendaraan bahan bakar solar}} \\ &= \frac{94.945,22 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{24.019,4 \text{ smp}} \\ &= 3,95 \text{ ton CO}_2/\text{smp bahan bakar solar} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan FES dari masing-masing bahan bakar, untuk FES bahan bakar gasolin didapatkan sebesar 3,2 ton CO<sub>2</sub>/smp bahan bakar gasolin dan FES untuk bahan bakar solar adalah 3,95 ton CO<sub>2</sub>/ smp bahan bakar



solar. Sedangkan untuk perhitungan FES sektor transportasi dilakukan dengan cara emisi karbon sektor transportasi sebesar 463.666,68 ton CO<sub>2</sub>/tahun dibagi dengan total smp kendaraan bahan bakar solar dan gasolin sebesar 139.285,4 smp, sehingga didapatkan FES sektor transportasi sebesar 3,33 ton CO<sub>2</sub>/smp. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat perhitungan seperti di bawah ini.

– Perhitungan FES sektor transportasi

Emisi karbon sektor transportasi = 463.666,68 ton CO<sub>2</sub>/tahun

Total smp bahan bakar gasolin dan solar = 115.266 smp + 24.019,4 smp  
= 139.285,4 smp

$$\begin{aligned} \text{FES sektor transportasi} &= \frac{\text{Emisi karbon sektor transportasi}}{\text{Total SMP kendaraan bahan bakar solar dan gasolin}} \\ &= \frac{463.666,68 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{139.285,4 \text{ smp}} \\ &= 3,33 \text{ ton CO}_2/\text{smp} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui emisi karbon dari sektor transportasi di setiap kecamatan Kota Malang dibutuhkan data jenis dan jumlah kendaraan di setiap kecamatan. Selanjutnya, data tersebut diubah ke dalam satuan mobil penumpang (smp) dan dikalikan FES sektor transportasi, sehingga didapatkan emisi karbon dari sektor transportasi di setiap kecamatan. Emisi karbon dari sektor transportasi tertinggi terdapat di Kecamatan Kedungkandang dengan emisi karbon sebesar 139.183,67 ton CO<sub>2</sub>/tahun, hal ini dikarenakan Kecamatan Kedungkandang memiliki jumlah kendaraan terbanyak dibandingkan dengan kecamatan yang lain. Data dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.12 Jenis dan Jumlah Kendaraan di Setiap Kecamatan di Kota Malang

Kecamatan	Mobil Pribadi	Angkutan Umum	Bus Besar	Bus Kecil	Truk Besar	Truk Kecil	Sepeda Motor
Kedungkandang	17.037	849	49	78	1.063	2.921	78.310
Sukun	11.357	576	33	52	719	1.940	52.256
Klojen	5.663	268	16	26	334	941	26.003
Blimbing	8.518	429	24	39	542	1.465	39.205
Lowokwaru	14.211	708	41	65	886	2.436	65.258

Sumber : SLHD Kota Malang



Tabel 4.13 Emisi Karbon Sektor Transportasi di Setiap Kecamatan di Kota Malang

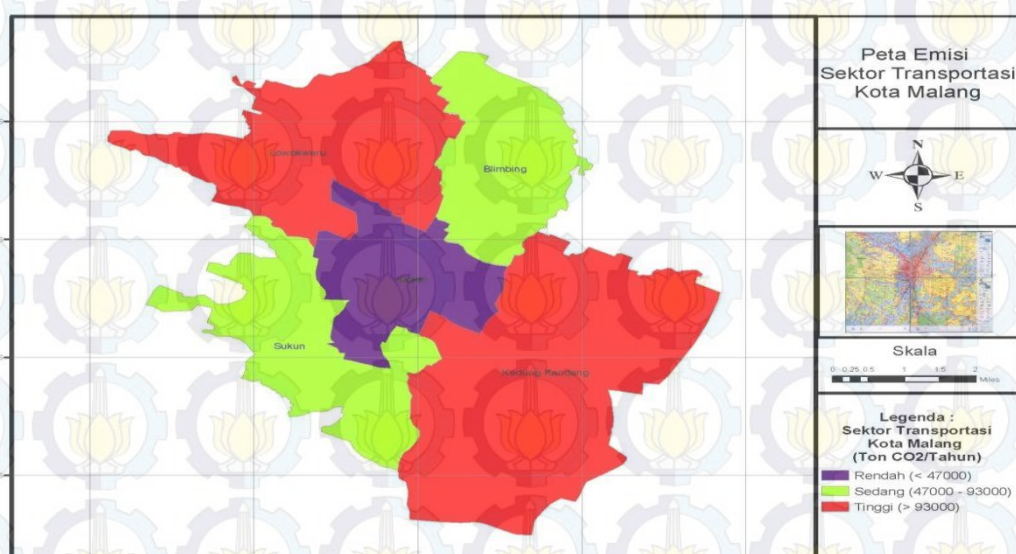
Kecamatan	Satuan Mobil Penumpang (smp)							Total smp	Emisi Karbon (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)
	Mobil Pribadi	Angkutan Umum	Bus Besar	Bus Kecil	Truk Besar	Truk Kecil	Sepeda Motor		
Kedungkandang	17037	849	58,8	78	1275,6	2921	19577,5	41796,9	139.183,677
Sukun	11357	576	39,6	52	862,8	1940	13064	27891,4	92.878,362
Klojen	5663	268	19,2	26	400,8	941	6500,75	13818,75	46.016,4375
Blimbing	8518	429	28,8	39	650,4	1465	9801,25	20931,45	69.701,7285
Lowokwaru	14211	708	49,2	65	1063,2	2436	16314,5	34846,9	116.040,177

Sumber : Hasil Perhitungan

Pemetaan penyebaran emisi karbon dari sektor transportasi, memiliki 3 *range* penyebaran yaitu :

- Rendah dengan emisi karbon < 47.000 ton CO<sub>2</sub>/tahun.
- Sedang dengan emisi antara 47.000 – 93.000 ton CO<sub>2</sub>/tahun.
- Tinggi dengan emisi > 93.000 ton CO<sub>2</sub>/tahun.

Untuk penyebaran emisi karbon sektor transportasi, daerah yang penyebaran emisi karbonnya dengan *range* rendah yaitu Kecamatan Klojen. Penyebaran emisi karbon dengan *range* sedang di daerah Kecamatan Sukun dan Blimbing sedangkan untuk penyebaran emisi karbon dengan *range* tinggi terdapat di daerah Kedungkandang dan Lowokwaru. Berikut merupakan hasil pemetaan penyebaran emisi karbon.



Gambar 4.2 Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Transportasi



## 4.2 Aspek Lingkungan

Pada penelitian ini dilakukan analisis aspek lingkungan untuk mengetahui dampak emisi karbon terhadap lingkungan dan upaya mitigasi yang harus dilakukan. Berdasarkan hasil perhitungan emisi karbon yang telah dilakukan sebelumnya, dapat dibuat beberapa skenario masing-masing sektor untuk mendukung aspek ini. Berikut merupakan penjelasan skenario pada sektor industri dan transportasi.

### 4.2.1 Skenario Sektor Industri

Berikut merupakan skenario yang dikembangkan untuk sektor industri yaitu *fuel switching* yang dilakukan dengan mensubstitusi bahan bakar nilai karbon tinggi dengan bahan bakar karbon rendah seperti LPG. Sehingga, akan menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah. Selain itu, latar belakang pengalihan ke LPG dikarenakan pemerintah menerapkan Kebijakan Reformasi Energi Nasional antara lain diversifikasi energi untuk mengurangi ketergantungan terhadap BBM, khususnya minyak tanah untuk dialihkan ke LPG. Uraian tiap skenario pada sektor industri adalah sebagai berikut :

- Skenario 1 yaitu emisi karbon yang dihasilkan apabila industri yang menggunakan bahan bakar minyak tanah dan kayu dalam proses produksinya diganti menggunakan LPG sebagai bahan bakar dalam proses produksinya.
- Skenario 2 yaitu emisi karbon yang dihasilkan apabila industri yang menggunakan bahan bakar minyak tanah dalam proses produksinya diganti menggunakan LPG sebagai bahan bakar dalam proses produksinya.
- Skenario 3 yaitu emisi karbon yang dihasilkan apabila industri yang menggunakan bahan bakar kayu dalam proses produksinya diganti menggunakan LPG sebagai bahan bakar dalam proses produksinya.

Perhitungan setiap skenario dilakukan dengan cara mengkonversi konsumsi bahan bakar eksisting yaitu minyak tanah dan kayu bakar ke LPG. Pemakaian 1 liter minyak tanah setara dengan pemakaian 0,57 kg LPG dan pemakaian 1 kg LPG setara dengan pemakaian 6,85 kg kayu bakar (Departemen ESDM, 2007).



Berikut merupakan contoh perhitungan untuk konversi minyak tanah dan kayu bakar ke LPG skenario 1 pada industri makanan dan minuman.

- Konversi konsumsi minyak tanah ke LPG

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi LPG} &= \text{Konsumsi minyak tanah} \times 0,57 \\ &= 62.900 \text{ liter} \times 0,57 \\ &= 35.853 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Konversi konsumsi kayu bakar ke LPG

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi LPG} &= \frac{\text{Konsumsi kayu bakar}}{6,85} \\ &= \frac{721.600}{6,85} \\ &= 105.343,06 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya tentang perhitungan skenario dapat dilihat pada Lampiran B.

Berikut merupakan hasil perhitungan emisi karbon setiap skenario, dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Emisi Karbon Setiap Skenario Sektor Industri

No.	Sub Sektor Industri	Emisi Karbon (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)		
		Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
1.	Industri Makanan dan Minuman	2.490,82	6.464,70	2.718,58
2.	Industri Pengolahan Tembakau	794,62	794,62	818,23
3.	Industri Tekstil	20.027,76	20.027,76	20.027,76
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	61,12	61,12	90,58
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	88,40	88,40	94,38
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	2.187,39	2.187,39	2.756,69
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	23,19	23,19	31,81
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	100,28	100,28	100,28
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	107,24	314,12	110,25
10.	Industri Logam Dasar	8,00	8,00	8,00
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	100,23	54,59	100,23
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	31,63	31,63	33,21
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	20,34	20,34	20,34

Tabel 4.14 (Lanjutan)

No.	Sub Sektor Industri	Emisi Karbon (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)		
		Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
14.	Industri Pengolahan Lainnya	6.600,77	24.697,99	6.600,77
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	67,77	67,77	68,01
Total		32.709,57	54.941,90	33.579,11

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 4.14 dihasilkan emisi karbon dari masing-masing skenario, skenario 1 menghasilkan emisi karbon yang rendah dibandingkan dengan skenario 2 dan 3, emisi karbon pada skenario 1 sebesar 32.709,57 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Hasil emisi karbon pada skenario 2 sebesar 54.941,90 ton CO<sub>2</sub>/tahun sedangkan emisi karbon pada skenario 3 sebesar 33.579,11 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Berikut gambar yang menyajikan perbedaan emisi karbon setiap skenario.

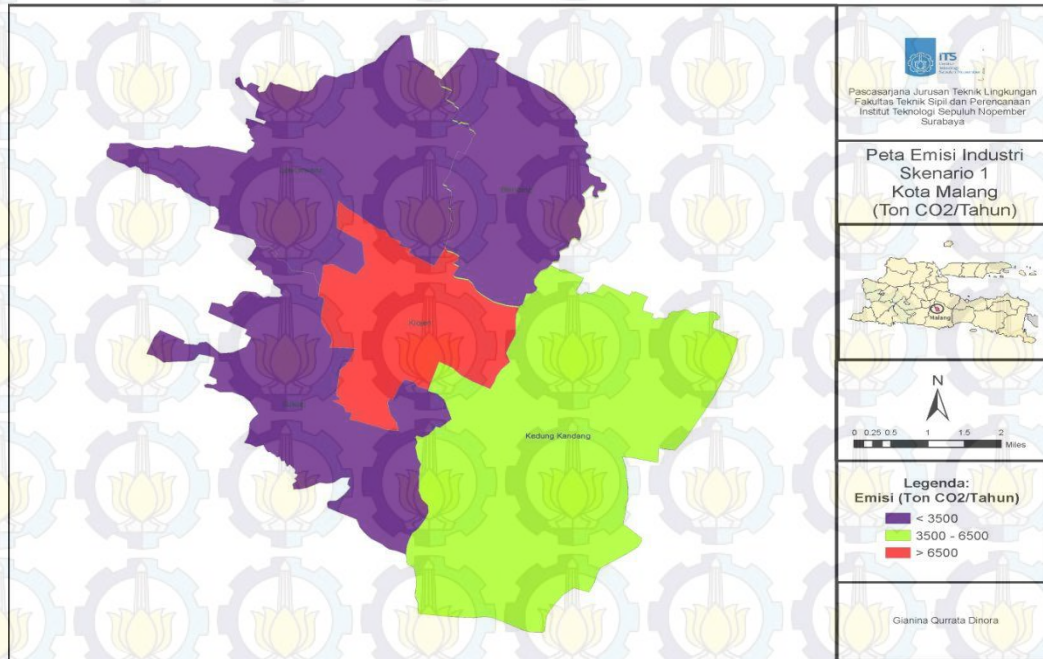


Gambar 4.3 Emisi Karbon Sektor Industri Skenario 1, Skenario 2, dan Skenario 3.

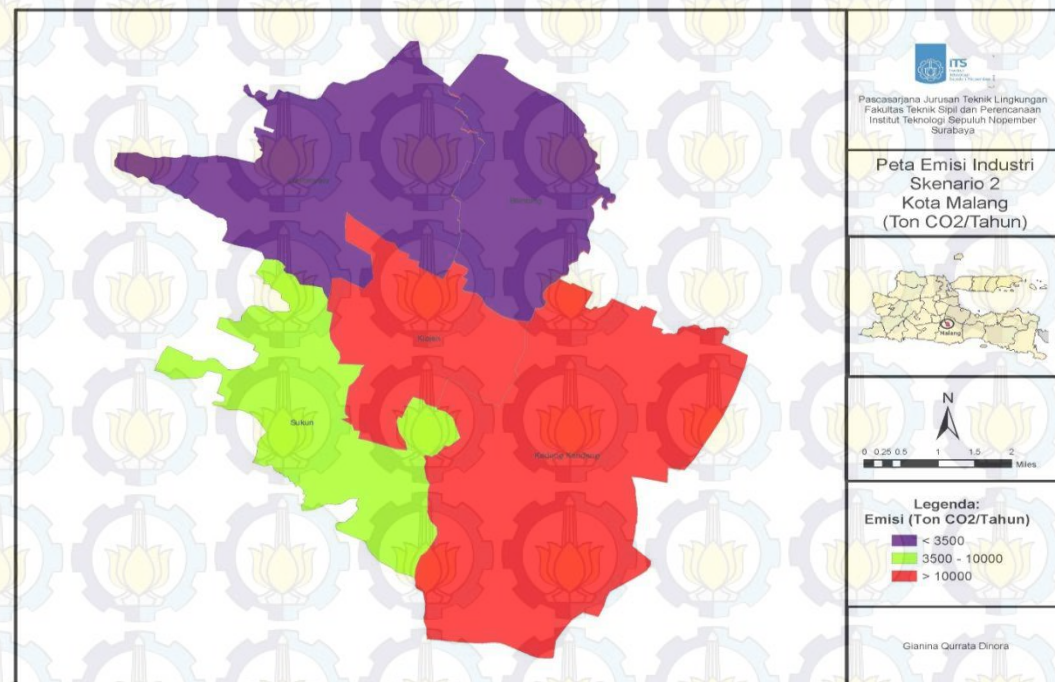
Dari Gambar 4.3 di atas, dapat dilihat perbedaan emisi karbon yang dihasilkan pada setiap skenario. Perbedaan emisi karbon yang dihasilkan antara emisi eksisting dengan emisi karbon skenario 1 sebesar 23.119,48 ton CO<sub>2</sub>/tahun atau penurunan sebesar 41%. Untuk skenario 2, perbedaannya sebesar 887,15 ton CO<sub>2</sub>/tahun atau penurunan sebesar 2% dan skenario 3 sebesar 22.249,94 ton CO<sub>2</sub>/tahun atau penurunan sebesar 39%. Sehingga, untuk upaya mitigasi dan



memberikan dampak positif bagi lingkungan untuk masa yang akan datang, skenario 1 merupakan skenario pengurangan emisi terbaik dibandingkan dengan skenario 2 dan 3. Untuk mengetahui hasil pemetaan estimasi karbon sektor industri tiap skenario dapat dilihat pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.6.

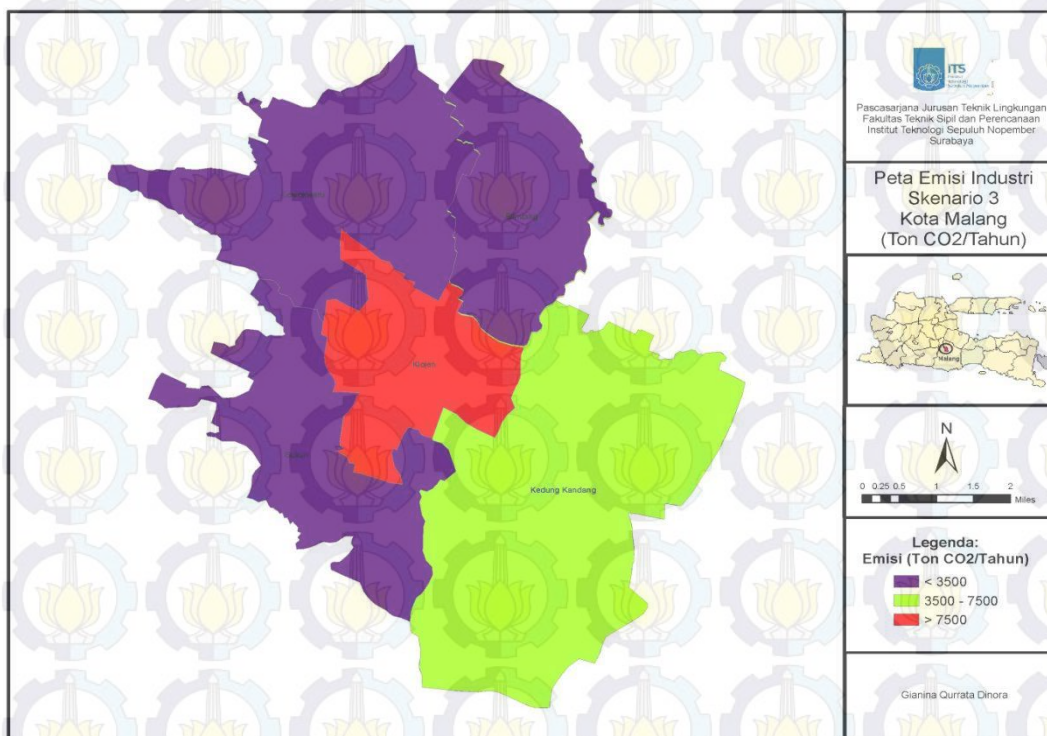


Gambar. 4.4 Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Industri Skenario 1



Gambar. 4.5 Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Industri Skenario 2





Gambar 4.6 Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Industri Skenario 3

#### 4.2.2 Skenario Sektor Transportasi

Terdapat beberapa skenario yang dilakukan untuk sektor transportasi, skenario dilakukan dengan mengubah bahan bakar minyak (BBM) dengan Bahan Bakar Gas (BBG). Hal ini dikarenakan emisi gas buangnya lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan dua bahan bakar minyak (gasolin dan solar). Selain itu pengalihan BBM ke BBG dilatarbelakangi adanya Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional yang mengamanatkan pengurangan minyak bumi dalam porto folio energi primer nasional pada tahun 2025, dan pemanfaatan sumber energi yang lebih bersih ditingkatkan. Pemanfaatan energi bersih ini diharapkan dapat menyumbang penurunan emisi GRK. Pemanfaatan gas terutama dilakukan untuk pengganti BBM pada bahan bakar kendaraan bermotor. Adapun skenario untuk sektor transportasi yaitu:

- Skenario 1 yaitu transportasi yang menggunakan bahan bakar gasolin dan solar diubah menjadi BBG.
- Skenario 2 yaitu transportasi yang menggunakan bahan bakar solar diubah menjadi BBG sedangkan yang menggunakan bahan bakar gasolin tetap.

Berikut merupakan perhitungan emisi karbon untuk skenario 1 dan skenario 2:

a. Perhitungan Skenario 1 :

- Konsumsi Bahan Bakar Gasolin = 161.232.000 liter/tahun

$$\begin{aligned}\text{Konversi ke BBG} &= \frac{\text{Konsumsi Gasolin} \times \text{Nilai Kalori Gasolin}}{\text{Nilai Kalori BBG}} \\ &= \frac{161.232.000 \text{ liter} \times 9.270 \text{ kilo kalori/liter}}{8.600 \text{ kilo kalori/m}^3} \\ &= 173.793.097,7 \text{ m}^3.\end{aligned}$$

- Konsumsi Bahan Bakar Solar = 35.592.000 liter/tahun

$$\begin{aligned}\text{Konversi ke BBG} &= \frac{\text{Konsumsi Solar} \times \text{Nilai Kalori Solar}}{\text{Nilai Kalori BBG}} \\ &= \frac{35.592.000 \text{ liter} \times 9.063 \text{ kilo kalori/liter}}{8.600 \text{ kilo kalori/m}^3} \\ &= 37.508.173,95 \text{ m}^3.\end{aligned}$$

- Konsumsi BBG =  $173.793.097,7 \text{ m}^3 + 37.508.173,95 \text{ m}^3$   
 $= 211.301.271,6 \text{ m}^3 = 7.466.476.029 \text{ SCF}$

- Emisi Karbon BBG = Konsumsi BBG x NCV BBG x Faktor Emisi BBG  
 $= 7.466.476.029 \text{ SCF} \times 1,055 \times 10^{-6} \text{ TJ/SCF} \times 56100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$   
 $= 441.907.117 \text{ kg CO}_2 = 441.907,117 \text{ Ton CO}_2$

- Emisi Skenario 1 = 441.907,117 Ton CO<sub>2</sub>/tahun

b. Perhitungan Skenario 2

- Konsumsi Bahan Bakar Solar = 35.592.000 liter/tahun

$$\begin{aligned}\text{Konversi ke BBG} &= \frac{\text{Konsumsi Solar} \times \text{Nilai Kalori Solar}}{\text{Nilai Kalori BBG}} \\ &= \frac{35.592.000 \text{ liter} \times 9.063 \text{ kilo kalori/liter}}{8.600 \text{ kilo kalori/m}^3} \\ &= 37.508.173,95 \text{ m}^3 = 1.325.377.172 \text{ SCF}\end{aligned}$$

- Emisi Karbon BBG = Konsumsi BBG x NCV BBG x Faktor Emisi BBG  
 $= 1.325.377.172 \text{ SCF} \times 1,055 \times 10^{-6} \text{ TJ/SCF} \times 56100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$   
 $= 78.443.110,58 \text{ kg CO}_2 = 78.443,11 \text{ Ton CO}_2$

- Konsumsi Bahan Bakar Gasolin = 161.232.000 liter/tahun

$$\text{Emisi Karbon Gasolin} = \text{Konsumsi BBM gasolin} \times \text{NCV} \times \text{FE gasoline}$$

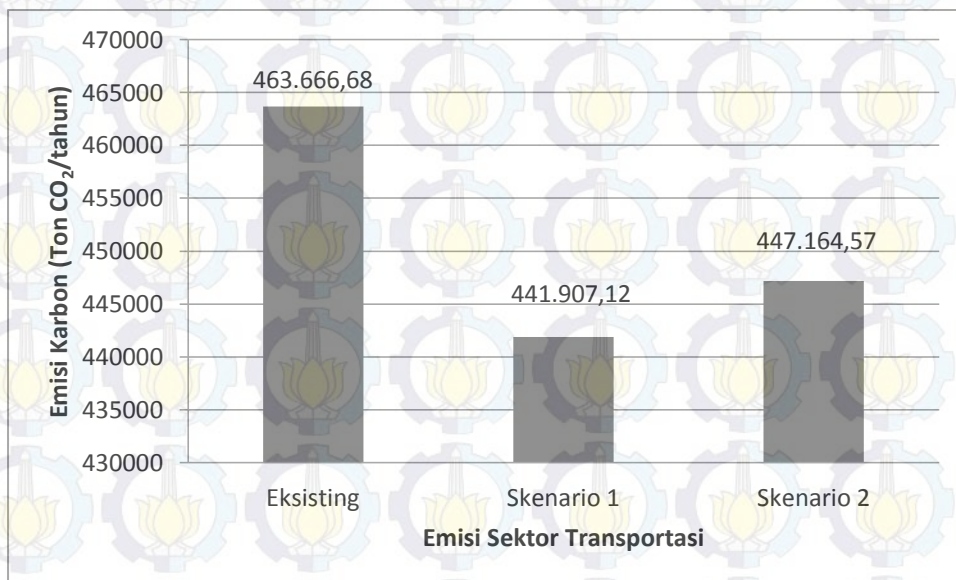


$$= 161.232.000 \text{ liter/tahun} \times 33 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \times 693000 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$$

$$= 368.721.460,8 \text{ kg CO}_2 = 368.721,46 \text{ Ton CO}_2$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi Karbon Skenario 2} &= 78.443,11 \text{ Ton CO}_2 + 368.721,46 \text{ Ton CO}_2 \\ &= 447.164,57 \text{ Ton CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas hasil emisi karbon eksisting dan emisi karbon skenario 1 dan 2 diplotkan dalam bentuk grafik batang.



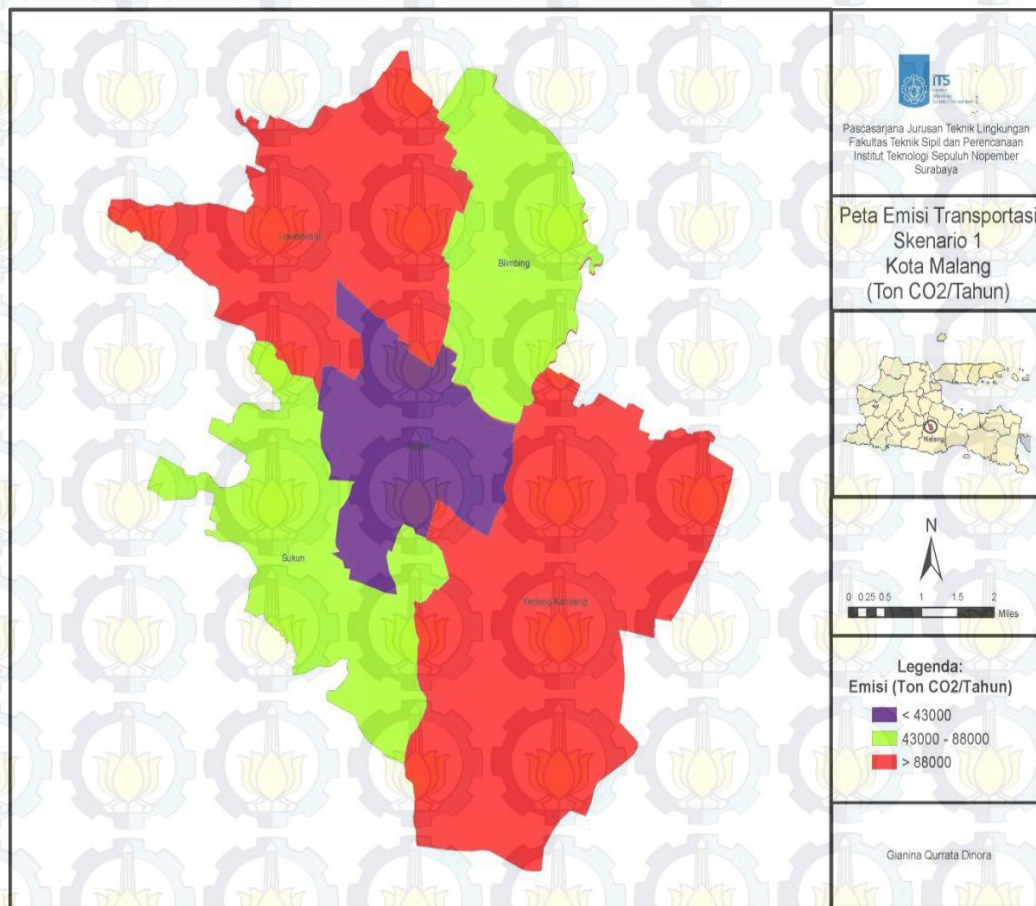
Gambar 4.7 Emisi Karbon Sektor Transportasi Skenario 1, Skenario 2.

Berdasarkan Gambar 4.7 di atas terdapat perbedaan emisi karbon setiap skenario. Emisi karbon yang dihasilkan skenario 1 sebesar 441.907,117 ton CO<sub>2</sub>/tahun, perbedaannya dengan emisi eksisting sebesar 21.759,56 ton CO<sub>2</sub>/tahun atau penurunan sebesar 5%. Untuk skenario 2, emisi karbon yang dihasilkan sebesar 447.164,57 ton CO<sub>2</sub>/tahun dan perbedaannya emisi karbonnya dengan emisi karbon eksisting sebesar 16.502,11 ton CO<sub>2</sub>/tahun atau penurunan sebesar 4%.

Dari kedua skenario tersebut, skenario yang menghasilkan emisi karbon terendah yaitu skenario 1 dikarenakan peralihan bahan bakar minyak ke bahan bakar gas. Hal ini dapat diterapkan di Kota Malang sebagai upaya mitigasi yang

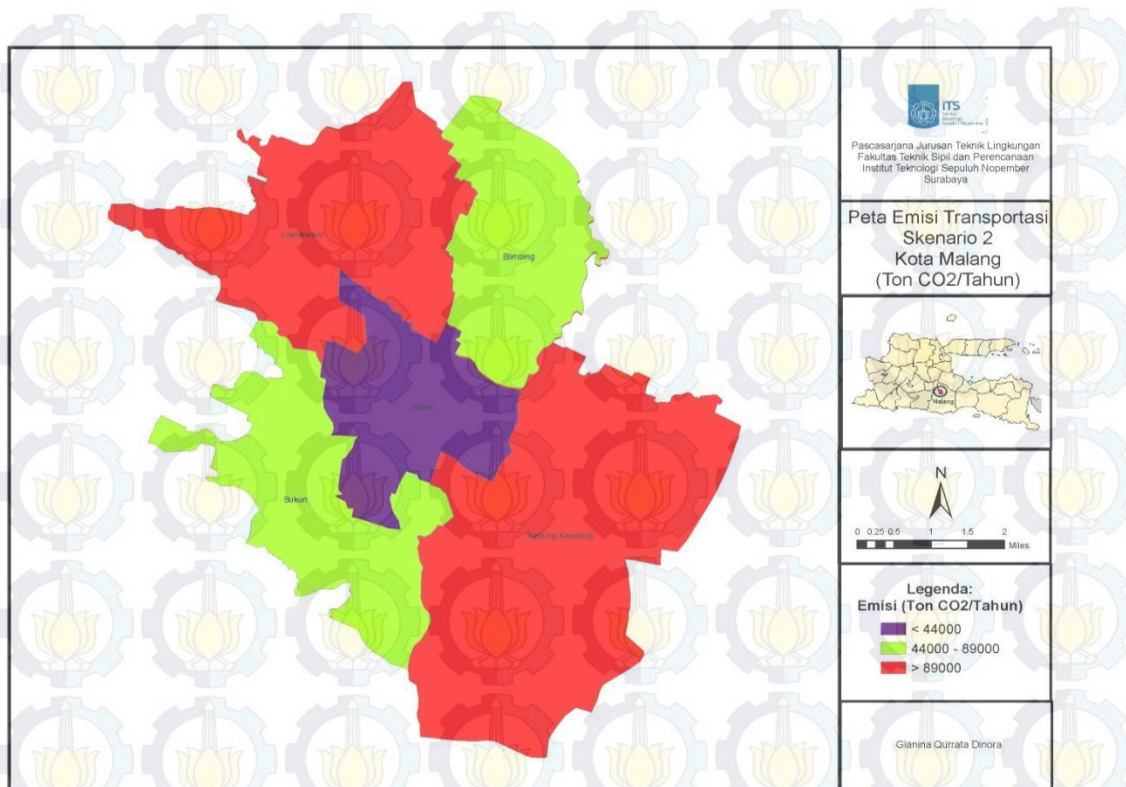
akan memberikan dampak positif ke lingkungan namun berdasarkan kajian, penerapan skenario ini belum bisa diterapkan dalam jangka pendek tetapi dapat dimasukkan dalam rencana jangka panjang dari program pemerintah. Hal ini dikarenakan, terdapat beberapa hal yang harus dipertimbangkan seperti pembangunan SPBG (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas), pengubahan tangki pengisian bahan bakar menjadi konverter kit.

Untuk mengetahui hasil pemetaan estimasi karbon sektor transportasi tiap skenario dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.



Gambar 4.8 Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Transportasi Skenario 1





Gambar 4.9 Pemetaan Emisi Karbon dari Sektor Transportasi Skenario 2

#### 4.3 Aspek Ekonomi

Berdasarkan perhitungan skenario pada aspek lingkungan, dengan menerapkan skenario 1 pada sektor industri dapat menurunkan emisi karbon sebesar 23.119,48 ton CO<sub>2</sub>/tahun dan 21.759,56 ton CO<sub>2</sub>/tahun pada sektor transportasi. Dalam penerapannya harus didukung aspek ekonomi untuk mengetahui nilai ekonomi atau biaya yang akan dikeluarkan untuk penerapan skenario tersebut. Pada penelitian ini, nilai ekonomi yang dimaksud yaitu harga jual bahan bakar eksisting dibandingkan dengan harga jual bahan bakar yang dialihkan. Sebagai contoh pada skenario 1 di sektor industri, dihitung nilai ekonomi pengalihan minyak tanah dan kayu bakar ke LPG. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai ekonomi sektor industri dan transportasi.

Tabel 4.15 Nilai Ekonomi Sektor Industri

Skenario	Bahan Bakar				Nilai Ekonomi (Rp)
	M. Tanah (liter)	Solar (liter)	LPG (kg)	Kayu (kg)	
Eksisting	73.520	63.250	46.480	396.625	1.882.898.840

Tabel 4.15 (Lanjutan)

Skenario	Bahan Bakar				Nilai Ekonomi (Rp)
	M. Tanah (liter)	Solar (liter)	LPG (kg)	Kayu (kg)	
Skenario 1	-	63.250	243.982	-	2.739.267.240
Skenario 2	-	63.250	88.186,90	383.155	2.059.323.427
Skenario 3	73.520	63.250	202.276	-	2.535.902.087

Sumber : Hasil Perhitungan

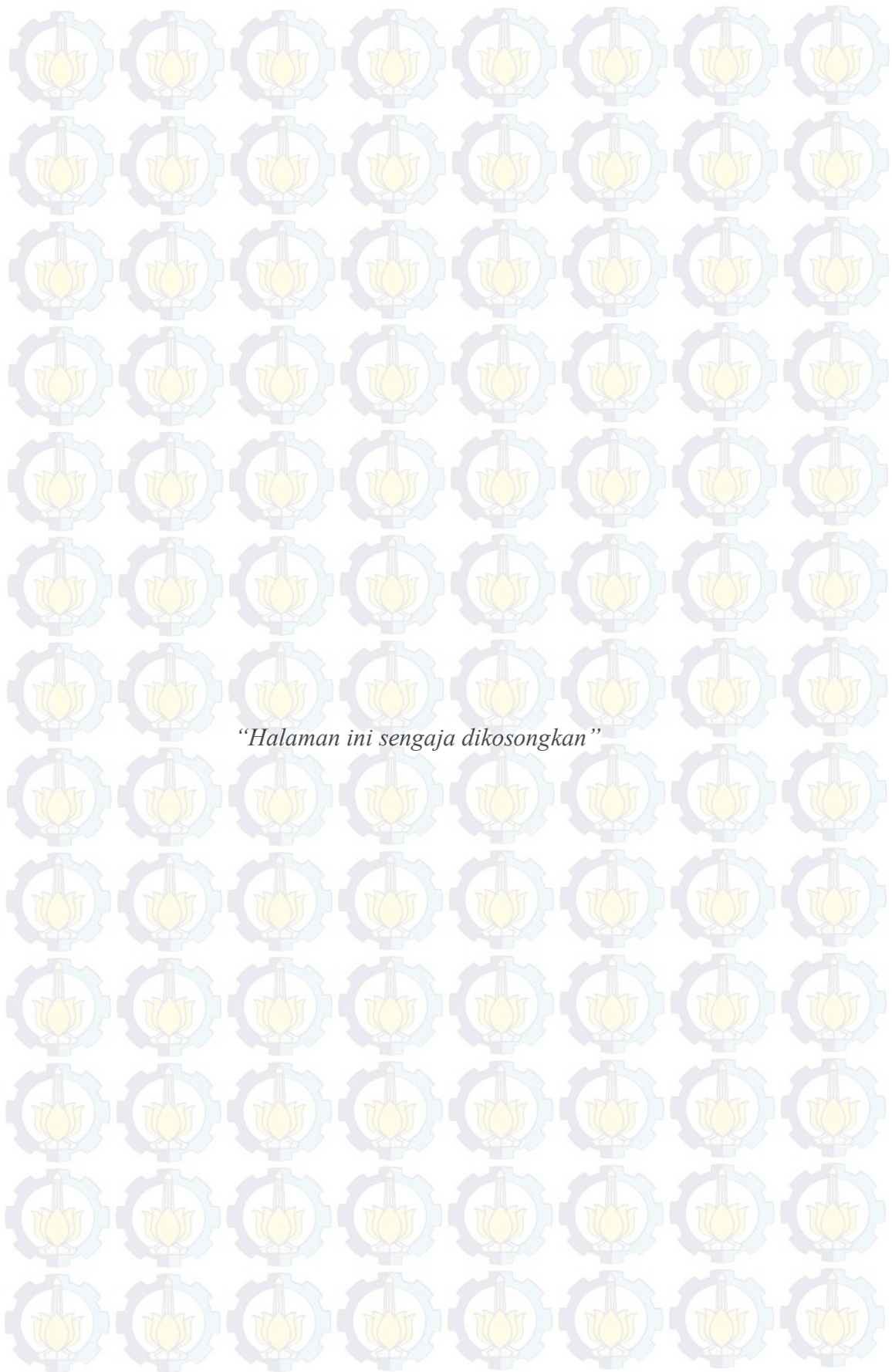
Tabel 4.16 Nilai Ekonomi Sektor Transportasi

Skenario	Bahan Bakar			Nilai Ekonomi (Rp)
	Gasolin (liter)	Solar (liter)	BBG (m <sup>3</sup> )	
Eksisting	161.232.000	35.592.000	-	1.637.412.000.000
Skenario 1	-	-	211.301.271,60	454.297.733.940
Skenario 2	161.232.000	-	37.508.173,95	1.451.114.573.993

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.15 biaya yang akan dikeluarkan untuk sektor industri, bila skenario 1 diterapkan yaitu sebesar Rp. 2.739.267.240. Biaya skenario 1 lebih besar dibandingkan dengan skenario 2 dan 3 namun di sisi lain emisi yang dihasilkannya lebih kecil. Skenario 2 memiliki biaya yang paling kecil dibandingkan dengan skenario 1 dan 3 tetapi emisi yang dihasilkan lebih besar. Sehingga, langkah yang dapat diambil untuk menurunkan emisi karbon dari sektor industri yaitu menerapkan skenario 1, walaupun biaya yang dikeluarkan lebih banyak. Untuk sektor transportasi, jika masyarakat menerapkan skenario 1 biaya yang akan dikeluarkan sebesar Rp. 454.297.733.940 dan menekan pengeluaran sebesar Rp. 1.183.114.266.060. Namun, dalam penelitian ini tidak dilakukan perhitungan nilai ekonomi untuk investasi pengalihan bahan bakar. Selain itu, tidak dilakukan pula survei kepada pelaku industri dan masyarakat sehingga tidak diketahui kesanggupan pelaku industri dan masyarakat untuk melakukan pengalihan bahan bakar.





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan pada estimasi emisi karbon dan faktor emisi spesifik (FES) pada sektor industri dan sektor transportasi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan estimasi emisi karbon, penghasil emisi karbon terbesar merupakan sektor transportasi, dengan estimasi emisi karbon sebesar 463.666,68 ton CO<sub>2</sub>/tahun dan estimasi emisi karbon yang dihasilkan dari sektor industri sebesar 55.829,05 ton CO<sub>2</sub>/tahun.
2. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan FES untuk sektor industri dan transportasi, hasilnya sebagai berikut :

a. FES sektor industri :

FES sektor industri di bawah ini merupakan lima industri yang menghasilkan estimasi emisi karbon paling besar, yaitu industri makanan dan minuman dengan FES sebesar 0,16 ton CO<sub>2</sub>/tahun.ton produksi, industri pengolahan tembakau dengan FES sebesar 0,0028 ton CO<sub>2</sub>/tahun.ton produksi. Selanjutnya, industri tekstil dengan FES sebesar 0,00028 ton CO<sub>2</sub>/tahun.unit produksi, industri pencetakan dan reproduksi media rekaman dengan FES sebesar 0,0000018 ton CO<sub>2</sub>/tahun.unit produksi, dan industri pengolahan lainnya dengan FES sebesar 0,056 ton CO<sub>2</sub>/tahun.unit produksi.

b. FES sektor transportasi :

FES untuk kendaraan bahan bakar gasolin sebesar 3,2 ton CO<sub>2</sub>/smp bahan bakar gasoline, FES untuk kendaraan bahan bakar solar sebesar 3,95 ton CO<sub>2</sub>/smp bahan bakar solar, dan FES transportasi sebesar 3,33 ton CO<sub>2</sub>/smp.

3. Hasil pemetaan penyebaran estimasi emisi karbon dari sektor industri daerah penyebaran emisi karbon paling tinggi terdapat di Kecamatan Klojen



sedangkan untuk sektor transportasi di Kecamatan Kedungkandang dan Lowokwaru.

4. Untuk mendukung aspek lingkungan maka dibuat tiga skenario untuk sektor industri dan dua skenario untuk sektor transportasi, sedangkan aspek ekonomi diperlukan untuk mengetahui nilai ekonomi dari tiap skenario. Dari skenario tersebut didapatkan skenario terbaik dalam penurunan emisi karbon yaitu skenario 1, namun biaya yang dikeluarkan lebih besar dibandingkan dengan skenario lainnya.

## **5.2 Saran**

Sedangkan untuk saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Dilakukan pencarian data secara langsung agar didapatkan data yang lebih rinci, dikarenakan data yang didapatkan dari dinas atau instansi terkait tidak lengkap.
2. Agar keputusan pada aspek lingkungan dan aspek ekonomi lebih baik, diharapkan dilakukan analisa pengambilan keputusan untuk penelitian selanjutnya.

**LAMPIRAN A**  
**EMISI KARBON DARI SEKTOR INDUSTRI**

No	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO <sub>2</sub> /TJ)	Emisi Karbon (kg CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi Karbon Keseluruhan (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)
		Jenis	Konsumsi (tahun)					
1.	Industri Makanan dan Minuman	M. tanah	50320 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	158469	158,47	6692,46
		LPG	42460 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	126727	126,73	
		Kayu	721600 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	1212288	1212,29	
		Solar	5200 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14642,2	14,64	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					1512,13	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.ton produksi)					0,16	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					5180,33	
2.	Industri Pengolahan Tembakau	M. tanah	480 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	1511,6256	1,51	818,23
		Solar	5500 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	15486,9	15,49	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					17,00	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.ton produksi)					0,0028	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					801,23	
3.	Industri Tekstil	Solar	600 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1689,48	1,69	20027,76
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					1,69	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00028	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					20026,07	
4.	Industri Kulit,	M.	2640 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	8313,94	8,31	90,58

	Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	tanah						
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				8,31	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00026	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				82,265	
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	M. tanah	672 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	2116,28	2,12	94,38
		Solar	3100 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	8728,98	8,73	
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				10,85	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00021	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				83,53	
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	Solar	240 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	675,79	0,68	2756,69
		M. tanah	384 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	1209,3	1,21	
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				1,89	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,0000018	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				2754,80	
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	Solar	425 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1196,72	1,20	31,81
		M. tanah	1840 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	5794,56	5,79	
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				6,99	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,000034	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				24,81	
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	Solar	5000 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14079	14,08	100,28
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				14,08	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00002	

Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							86,204	
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	M. tanah	1600 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	5038,75	5,04	317,13
		LPG	3300 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	9849,28	9,85	
		Kayu	128000 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	215040	215,04	
		Solar	5050 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14219,79	14,22	
Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							244,15	
Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)							0,0002	
Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							72,98	
10.	Industri Logam Dasar	Solar	1600 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	4505,28	4,51	8,00
Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							4,51	
Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)							0,00013	
Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							3,495	
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	Solar	10660 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	30016,43	30,02	72,19
		Kayu	5760 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	9676,8	9,67	
Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							39,69	
Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)							0,00031	
Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							24,57	
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	Solar	4060 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	11432,15	11,43	33,21
		M. tanah	720 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	2267,44	2,27	
		LPG	600 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	1790,78	1,79	
Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							15,49	
Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)							0,00031	
Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							17,72	
13.	Industri	Solar	5090 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14332,42	14,33	20,34

Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				14,33	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00021	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				6,00	
14.	Industri Pengolahan Lainnya	Solar	900 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	2534,22	2,53	24698
		LPG	120 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	358,16	0,36	
		Kayu	160000 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	268800	268,8	
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				271,69	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,056	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				24426,3	
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	Solar	15825 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	44560,04	44,56	68,01
		M. tanah	160 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	503,88	0,5	
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				45,06	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00046	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				22,95	
			Total Emisi di Sektor Industri (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					55.829,05

Sumber : Hasil Perhitungan

## LAMPIRAN B

### EMISI KARBON DARI SEKTOR INDUSTRI SETIAP SKENARIO

Tabel B.1 Emisi Karbon dari Sektor Industri Skenario 1

No.	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO <sub>2</sub> /TJ)	Emisi Karbon (kg CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi Karbon Keseluruhan (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)
		Jenis	Konsumsi (tahun)					
1.	Industri Makanan dan Minuman	LPG	183656 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	548145,2	548,15	2490,82
		Solar	5200 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14642,2	14,64	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					562,79	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.ton produksi)					0,06	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					1928,03	
2.	Industri Pengolahan Tembakau	LPG	342 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	1020,74	1,02	794,62
		Solar	5500 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	15486,9	15,49	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					16,51	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,0027	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					778,09	
3.	Industri Tekstil	Solar	600 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1689,48	1,69	20027,76
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					1,69	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00028	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					20026,07	
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	LPG	1881 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	5614,09	5,61	61,12
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					5,61	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00018	

Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							55,5	
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	LPG	478,8 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	1429,04	1,43	88,40
		Solar	3100 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	8728,98	8,73	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					10,16	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00019	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					78,25	
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	Solar	240 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	675,79	0,68	2187,39
		LPG	273,6 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	816,6	0,82	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					1,50	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,0000014	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					2185,89	
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	Solar	425 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1196,72	1,20	23,19
		LPG	1339,5 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	3997,9	4,00	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					5,19	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,000025	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					18,08	
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	Solar	5000 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14079	14,08	100,28
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					14,08	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00002	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					86,204	
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	LPG	22898,13 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	68342,44	68,34	107,24
		Solar	5050 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14219,79	14,22	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					82,56	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,000068	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					24,67	

10.	Industri Logam Dasar	Solar	1600 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	4505,28	4,51	8,00
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					4,51	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00013	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					3,495	
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	Solar	10660 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	30016,43	30,02	100,23
		LPG	8408,76 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	25097,03	25,10	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					55,11	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00043	
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	Solar	4060 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	11432,15	11,43	31,63
		LPG	1113 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	3321,89	3,32	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					14,75	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,0003	
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	Solar	5090 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14332,42	14,33	20,34
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					14,33	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00021	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					6,00	
14.	Industri Pengolahan Lainnya	Solar	900 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	2534,22	2,53	6601
		LPG	23478 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	70072	70,072	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					72,602	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,0148	
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	Solar	15825 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	44560,04	44,56	67,77
		LPG	114 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	340,24	0,34	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					44,90	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00045	



Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)	22,86
Total Emisi di Sektor Industri (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)	32709,57

Sumber : Hasil Perhitungan.

Tabel B.2 Emisi Karbon dari Sektor Industri Skenario 2

No	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO <sub>2</sub> /TJ)	Emisi Karbon (kg CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi Karbon Keseluruhan (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)	
		Jenis	Konsumsi (tahun)						
1.	Industri Makanan dan Minuman	LPG	78313 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	233735,33	233,74	6464,7	
		Kayu	721600 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	1212288	1212,29		
		Solar	5200 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14642,2	14,64		
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							1460,67
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.ton produksi)							0,15
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							5004,035
2.	Industri Pengolahan Tembakau	LPG	342 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	1020,74	1,02	794,62	
		Solar	5500 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	15486,9	15,49		
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							16,51
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.ton produksi)							0,0027
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							778,09
3.	Industri Tekstil	Solar	600 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1689,48	1,69	20027,76	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							1,69
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)							0,00028
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							20026,07
4.	Industri Kulit, Barang Dari	LPG	1881 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	5614,09	5,61	61,12	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							5,61

	Kulit dan Alas Kaki		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00018	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				55,5	
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	LPG	478,8 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	1429,04	1,43	88,40
		Solar	3100 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	8728,98	8,73	
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				10,16	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00019	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				78,25	
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	Solar	240 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	675,79	0,68	2187,39
		LPG	273,6 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	816,6	0,82	
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				1,50	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,0000014	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				2185,89	
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	Solar	425 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1196,72	1,20	23,19
		LPG	1339,5 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	3997,9	4,00	
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				5,19	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,000025	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				18,08	
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	Solar	5000 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14079	14,08	100,28
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				14,08	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00002	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				86,204	
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	LPG	4212 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	12571,26	12,57	314,12
		Kayu	128000 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	215040	215,04	
		Solar	5050 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14219,79	14,22	

		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					241,83	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,000201	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					72,29	
10.	Industri Logam Dasar	Solar	1600 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	4505,28	4,51	8,00
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					4,51	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00013	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					3,495	
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	Solar	10660 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	30016,43	30,01643	54,59
		Kayu	5760 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	9676,8	9,6768	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					30,02	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00024	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					24,57	
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	Solar	4060 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	11432,15	11,43	31,63
		LPG	1113 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	3321,89	3,32	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					14,75	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,0003	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					16,87	
13.	Industri Kendaraan Bermotor, Trailer, dan Semi Trailer	Solar	5090 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14332,42	14,33	20,34
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					14,33	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00021	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					6,00	
14.	Industri Pengolahan Lainnya	Solar	900 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	2534,22	2,53	24698
		LPG	120 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	358,16	0,36	
		Kayu	160000 kg	0,000015 TJ/Kg	112000	268800	268,8	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					271,69	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,056	

Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							24426,3		
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	Solar	15825 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	44560,04	44,56	67,77	
		LPG	114 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	340,24	0,34		
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							44,90
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)							0,00045
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							22,86
Total Emisi di Sektor Industri (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)								54941,90	

Sumber : Hasil Perhitungan.

Tabel B.3 Emisi Karbon dari Sektor Industri Skenario 3

No	Sub Sektor Industri	Bahan Bakar		NCV	Faktor Emisi (kg CO <sub>2</sub> /TJ)	Emisi Karbon (kg CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi Karbon (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)	Emisi Karbon Keseluruhan (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)
		Jenis	Konsumsi (tahun)					
1.	Industri Makanan dan Minuman	M. tanah	50320 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	158469	158,47	2718,58
		LPG	147803 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	441137,2679	441,14	
		Solar	5200 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14642,2	14,64	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					614,25	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.ton produksi)					0,06	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					2104,33	
2.	Industri Pengolahan Tembakau	M. tanah	480 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	1511,6256	1,51	818,23
		Solar	5500 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	15486,9	15,49	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					17,00	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.ton produksi)					0,0028	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					801,23	
3.	Industri Tekstil	Solar	600 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1689,48	1,69	20027,76
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					1,69	



			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00028	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				20026,07	
4.	Industri Kulit, Barang Dari Kulit dan Alas Kaki	M. tanah	2640 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	8313,94	8,31	90,58
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				8,31	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00026	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				82,265	
5.	Industri Kayu, Barang Dari Kayu dan Gabus (Tidak Termasuk Furnitur) dan Barang Anyaman Dari Bambu, Rotan dan Sejenisnya	M. tanah	672 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	2116,28	2,12	94,38
		Solar	3100 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	8728,98	8,73	
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				10,85	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00021	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				83,53	
6.	Industri Pencetakan dan Reproduksi Media Rekaman	Solar	240 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	675,79	0,68	2756,69
		M. tanah	384 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	1209,3	1,21	
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				1,89	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,0000018	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				2754,80	
7.	Industri Bahan Kimia dan Barang Dari Bahan Kimia	Solar	425 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	1196,72	1,20	31,81
		M. tanah	1840 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	5794,56	5,79	
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				6,99	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,000034	
			Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				24,81	
8.	Industri Karet, Barang Dari Karet dan Plastik	Solar	5000 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	14079	14,08	100,28
			Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)				14,08	
			Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)				0,00002	

Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							86,204	
9.	Industri Barang Galian Bukan Logam	M. tanah	1600 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	5038,75	5,04	110,25
		LPG	21986,13 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	65620,46	65,62	
		Solar	5050	0,000038 TJ/Liter	74100	14219,79	14,22	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					84,88	
Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)							0,00007	
Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							25,37	
10.	Industri Logam Dasar	Solar	1600	0,000038 TJ/Liter	74100	4505,28	4,51	8,00
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					4,51	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00013	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					3,495	
11.	Industri Barang Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya	Solar	10660 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	30016,43	30,02	100,23
		LPG	8408,76 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	25097,03	25,10	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					55,11	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00043	
Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							45,12	
12.	Industri Mesin dan Perlengkapan YTDL	Solar	4060	0,000038 TJ/Liter	74100	11432,15	11,43	33,21
		M. tanah	720	0,0000438 TJ/Kg	71900	2267,44	2,27	
		LPG	600	0,0000473 TJ/Kg	63100	1790,78	1,79	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					15,49	
Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)							0,00031	
Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)							17,72	
13.	Industri Kendaraan Bermotor,Trailer, dan Semi Trailer	Solar	5090	0,000038 TJ/Liter	74100	14332,42	14,33	20,34
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					14,33	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00021	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					6,00	

14.	Industri Pengolahan Lainnya	Solar	900 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	2534,22	2,53	6601
		LPG	23478 kg	0,0000473 TJ/Kg	63100	70072	70,072	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					72,602	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,0148	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					6528,2	
15.	Perdagangan, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor	Solar	15825 liter	0,000038 TJ/Liter	74100	44560,04	44,56	68,01
		M. tanah	160 kg	0,0000438 TJ/Kg	71900	503,88	0,5	
		Total Emisi Karbon Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					45,06	
		Faktor Emisi Spesifik (Ton CO <sub>2</sub> /tahun.unit produksi)					0,00046	
		Total Emisi Selain Sampel (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)					22,95	
Total Emisi di Sektor Industri (Ton CO <sub>2</sub> /tahun)								33579,11

Sumber : Hasil Perhitungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astari, R.G. (2012), *Studi Jejak Karbon dari Aktivitas Permukiman di Kecamatan Pademangan Kotamadya Jakarta Utara*, Skripsi S.T., Universitas Indonesia, Depok.
- Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri (2012), *Draft Petunjuk Teknis Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Sektor Industri*, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (2013), *Kota Malang Dalam Angka 2013*, Malang.
- Badan Lingkungan Hidup (2012), *Status Lingkungan Hidup Kota Malang 2012*, Malang.
- Dirjen Bina Marga PU (1997), *Manual Kapasitas Jalan Raya Indonesia 1997*, Jakarta.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (2007), *Program Pengalihan Minyak Tanah ke LPG 2007-2012*, Jakarta.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2006), *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Japan.
- Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral (2012), *Kajian Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi*, KESDM, Jakarta.
- Kusuma, W.P. (2010), *Studi Kontribusi Kegiatan Transportasi Terhadap Emisi Karbon di Surabaya Bagian Barat*, Tugas Akhir S.T., Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Liu, H., He, K., Wang, G., Huo, H., Lents, J., Davis, N., Chen, Ch., Osses, M., and He, Ch. (2007), *Comparison of Vehicle Activity and Emission Inventory Between Beijing and Shanghai*, *Journal of Air & Waste Management Association*, Vol 57 hal. 1176.
- Mayer, Helmut. (1999), *Air pollution in Cities. Atmospheric Environment*. 9: 4029-4037, Germany.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia (2011), *Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011 Tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca*, Jakarta.



- Peraturan Presiden Republik Indonesia (2011), *Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*, Jakarta.
- Pradiptya, V. (2011), *Kajian Emisi CO<sub>2</sub> Dengan Menggunakan Persamaan Long Longrange Energy Alternatives Planning (LEAP) Dari Sektor Permukiman di Kota Surabaya*, Tugas Akhir S.T., Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan-Kementrian Kehutanan Republik Indonesia (2010), *Pedoman Pengukuran Karbon Untuk Mendukung Penerapan REDD+ di Indonesia*, Bogor.
- Sharma C, Mittal L, Iyer V, and Deshpande Y, (2004), *Estimation of Pollutants from Transport Sector in Indian Mega-Cities*.
- US EPA (2007), *Report on the Environment: Science Report*, United States.

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Palembang, 2 September 1991, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK YP Indra Plaju Palembang. Selanjutnya penulis meneruskan pendidikan ke SD YKPP II Plaju Palembang, SMP YKPP I Plaju Palembang, dan SMAN 17 Palembang. Setelah lulus dari SMAN tahun 2009, Penulis diterima di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS pada tahun 2009 dan terdaftar dengan NRP. 330910021.

Penulis aktif di berbagai kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) sebagai staff Dana dan Usaha periode 2010-2011 dan 2011-2012. Penulis juga pernah mengikuti beberapa seminar dan pelatihan antara lain ESQ 165, LKMM PRA-TD FTSP 2009. Penulis juga pernah melakukan kerja praktek di PT Pertamina Refinery Unit III Plaju Palembang pada bulan Juli 2012. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan di Magister Teknik Lingkungan ITS dan terdaftar dengan NRP 3313201019. Penulis terdaftar sebagai anggota Laboratorium Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim.